



Université de Liège

Faculté de Médecine

Service de médecine de l'appareil locomoteur

IDENTIFICATION DE FACTEURS PRECOCES IMPACTANT L'EVOLUTION READAPTATIVE DES PATIENTS AMPUTES TIBIAUX OU FEMORAUX

Promoteur : Professeur Jean-François KAUX

Co-promoteur : Professeur Cédric SCHWARTZ

Doriane PELZER

Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de
Doctorat en Sciences Médicales

ANNEE ACADEMIQUE 2025-2026

Résumé

Cette thèse vise à identifier des facteurs précoces cliniques, démographiques et sociaux chez des patients amputés de membre inférieur et à analyser leur lien potentiel de causalité avec différents résultats rééducatifs, principalement la durée de séjour, l'orientation à la sortie après un séjour en réadaptation, la fonctionnalité et la qualité de vie.

Le travail repose sur une revue systématique de la littérature ainsi que sur deux études de cohorte, l'une prospective et l'autre rétrospective.

Les résultats montrent qu'une meilleure force d'extension de hanche à l'admission augmente la probabilité d'un retour au domicile, par rapport à une orientation en maison de repos. Les patients amputés trans-tibiaux obtiennent de meilleurs résultats fonctionnels en fin de séjour que les patients trans-fémoraux, notamment au Timed Up and Go et à l'échelle de Berg. Enfin, un index de pression systolique plus faible en début de séjour est associé à une probabilité réduite d'obtenir un MMSE normal en fin de rééducation.

Ces résultats soulignent l'importance d'une évaluation précoce multidimensionnelle afin d'optimiser la prise en charge et d'améliorer le pronostic rééducatif.

Abstract

This thesis aims to identify early clinical, demographic, and social factors in patients with lower limb amputation and to analyze their potential causal relationship with various rehabilitation outcomes, primarily length of stay, discharge destination after a rehabilitation stay, functional status, and quality of life.

The work is based on a systematic review of the literature as well as two cohort studies, one prospective and the other retrospective.

The results show that greater hip extension strength at admission increases the likelihood of returning home, compared with discharge to a nursing facility. Patients with transtibial amputations achieve better functional outcomes at the end of their stay than transfemoral patients, particularly on the Timed Up and Go test and the Berg Balance Scale. Finally, a lower systolic pressure index at the beginning of the stay is associated with a reduced probability of achieving a normal MMSE score at the end of rehabilitation.

These findings highlight the importance of early multidimensional assessment in order to optimize management and improve rehabilitation prognosis.

Remerciements

Le projet de cette thèse s'est construit de façon progressive et enthousiaste. Il est né au fil de discussions avec les patients, parfois émouvantes, parfois frustrantes et souvent stimulantes. Il a germé, arrosé de questions sans réponses, et a grandi à travers des discussions d'équipe, à partir d'un petit goût d'inachevé et d'interrogations qui démangent.

Je voudrais remercier tous mes patients. Ceux qui ont accepté, malgré les épreuves qu'ils traversaient, de participer à ce projet dont ils ne tireraient aucun bénéfice direct. Ceux qui se sont également portés volontaires pour différents travaux pédagogiques, bravant leur timidité et l'acceptation parfois difficile d'un nouveau corps meurtri et d'une nouvelle âme endeuillée. Je remercie mes patients, qui m'ont donné l'envie de construire cette thèse.

Je remercie du fond du cœur tous mes collègues du CNRF, qui ont soutenu ce projet avec un engagement qui m'a profondément touché. Merci pour leur temps, leur bienveillance, leurs encouragements, et aussi leur participation aux tests en tant que cobayes ! Mais plus que tout, je les remercie pour toute cette joie qu'ils m'apportent au quotidien. Je suis heureuse et fière de faire partie de cette grande famille du CNRF.

Merci à Justine et Hélène pour leurs nombreux conseils, leur relecture attentive et leur bonne humeur.

Merci beaucoup au Docteur Maertens pour toute la confiance qu'il m'a accordée, pour son expertise et pour tout ce qu'il m'a transmis.

Je remercie également tous les membres de mon comité de thèse pour leur temps et leurs remarques constructives. Merci à mon promoteur le Professeur Kaux pour sa disponibilité, son enthousiasme, sa proactivité, son écoute et ses conseils. Merci au Professeur Schwartz, mon co-promoteur, pour sa bienveillance, ses précieux conseils et son temps. Merci au Professeur Croisier, Président de mon comité de thèse, pour son aide, ses idées, et également pour le matériel mis à ma disposition. Je remercie le Professeur Gillet pour ses encouragements et pour m'avoir fait confiance. Je remercie également sincèrement les Professeurs Radermecker, Defraigne et Thirion. Merci pour vos échanges constructifs, vos conseils et le temps que vous m'avez consacré. Merci à vous tous d'avoir accepté de m'accompagner dans ce bout de voyage.

Merci également à Mohamed pour son temps, sa sympathie et sa rigueur. Je le remercie d'avoir apporté son expertise et ses compétences à ce projet.

Mais plus que tout, je tenais à remercier ma famille. Merci particulièrement à mes parents, ma sœur et ma belle-maman pour leurs encouragements, leur soutien et leur présence. Maman, j'espère te rendre fière, autant que je suis fière de toi. Je remercie également mon époux, Andreas. Je ne pouvais espérer meilleur ami et meilleur coéquipier que toi dans cette folle aventure. Et pour finir, je voudrais remercier mes merveilleux enfants, qui donnent un si joli sens à tout ça.

Je dédie ce travail au Docteur Benoit Maertens

Liste des abréviations

2-MWT	2 Minute Walk Test
AKA	Above Knee Amputation
AMP-Pro	Amputee Mobility Predictor with the use of a Prosthesis
AVQ	Activités de la Vie Quotidienne
BBS	Berg Balance Scale
BPCO	Bronchopneumopathie Chronique Obstructive
BKA	Below Knee Amputation
CHU-CNRF	Centre Hospitalier Universitaire (de Liège), site du Centre Neurologique de Réadaptation fonctionnelle
EQ-5D	EuroQoL 5 dimensions
FIM	Functional Independence Measure
GSE	General Self-Efficacy scale
HADS	Hospital Anxiety and Depression Scale
ICC	Coefficient de Corrélacion intraclasse
IMC	Indice de Masse Corporelle
IPS	Indice de Pression Systolique
LCI-5	Locomotor Capabilities Index 5
MDC	Changement Minimal Détectable
MMSE	Mini Mental State Examination
NIH	National Institutes of Health
OR	Odds Ratio
PEQ	Prosthesis Evaluation Questionnaire
PICOT	Population, Intervention, Comparaison, Résultat (Outcome) et Temps
PLUS-M	Prosthetic Limb Users Survey of Mobility
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis

Q-TFA	Questionnaire for Persons with a Transfemoral Amputation
SEM	Erreur type de la moyenne
SF-36	Short Form 36 Health Survey
TUG	Timed Up and Go

Liste des publications

Thibaut, A., Beudart, C., Maertens de Noordhout, B., Geers, S., Kaux, J.-F., & Pelzer, D. (June 2022). Impact of microprocessor prosthetic knee on mobility and quality of life in patients with lower limb amputation: a systematic review of the literature. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 58 (3), 452-461. doi:10.23736/S1973-9087.22.07238-0

Pelzer, D., Beudart, C., Bornheim, S., Maertens de Noordhout, B., Schwartz, C., & Kaux, J.-F. (29 March 2024). Outcomes of Patients with Lower Limb Loss after Using a Training Prosthesis: A Retrospective Case Series Study. *Healthcare*, 12, 576. doi:10.3390/healthcare12050567

Pelzer, D., Beudart, C., Thibaut, A., Bornheim, S., & Kaux, J.-F. (February 2025). Which factors may influence medium-term quality of life of patients with lower-limb loss? A systematic review of the literature. *Prosthetics and Orthotics International*, 49 (1), 14-29. doi:10.1097/PXR.0000000000000312

Boutayamou, M., Pelzer, D., Schwartz, C., Gillain, S., Garraux, G., Croisier, J.-L., Verly, J., & Bruls, O. (19 February 2025). Toward Convenient and Accurate IMU-Based Gait Analysis. *Sensors*, 25 (4), 1267. doi:10.3390/s25041267

Kouassi, M., Pelzer, D., Cassol, H., Kaux, J.-F. *Factors associated with Functional Outcome, Length of Stay, and Discharge Destination in Patients with Lower Limb Loss*. En cours de rédaction.

Pelzer, D., Dumoulin, S., Cassol, H., Schwartz, C., Croisier J.-L. *Reproducibility of MicroFet2 for hip strength in lower-limb amputees: a prospective study*. En cours de rédaction.

Pelzer, D., Cicchellero, G., Dumoulin, S., Cassol, H., Slomian, J., Schwartz, C., Kaux, J.-F. *Association between perioperative factors and rehabilitation outcomes in lower-limb amputees: a prospective cohort study*. En cours de rédaction.

Table des matières

INTRODUCTION	17
OBJECTIFS DE LA THÈSE	19
OBJECTIF PRIMAIRE ET OBJECTIFS SECONDAIRES	19
FIL CONDUCTEUR DE LA THÈSE	19
CHAPITRE I : POSITIONNEMENT DU PROJET DE RECHERCHE	21
1) POSITIONNEMENT DANS LA LITTÉRATURE	21
1.1 Relations entre le profil du patient amputé et sa qualité de vie ultérieure	21
1.2 Relations entre le profil du patient amputé et sa fonctionnalité ultérieure	28
2) POINTS D'ATTENTION SUPPLÉMENTAIRES	33
2.1 Impact du genou électronique par rapport au genou mécanique	34
2.2 Intérêt de l'utilisation d'une prothèse d'entraînement	37
CHAPITRE II : ÉTUDE DE LA RELATION ENTRE DIFFÉRENTES CARACTÉRISTIQUES DU PATIENT ET PLUSIEURS	
RÉSULTATS RÉÉDUCATIFS	43
1) VARIABLES INDÉPENDANTES	44
1.1 Données démographiques	44
Âge	44
Sexe	44
Nombre d'enfants	44
1.2 Données sociales	45
Vivre seul ou en couple.....	45
Statut professionnel	46
Entourage soutenant ou non	46
Logement adapté.....	46
1.3 Données médicales générales	47
Étiologie de l'amputation	47
Niveau d'amputation	47
Index de pression cheville/bras	47
Taux d'hémoglobine glyquée	48
Consommations tabagiques	48
Consommations d'alcool	48
Indice de comorbidité de Charlson	49

Indice de masse corporelle (IMC)	49
État thymique.....	49
État du moignon	50
État du membre controlatéral.....	50
Durée depuis l'amputation	50
1.4 Capacités motrices	51
Mobilité préalable.....	51
Force de la hanche	51
2) RÉSULTATS RÉÉDUCATIFS ÉTUDIÉS.....	57
2.1 Durée d'hospitalisation	57
2.2 Orientation à la sortie	57
2.3 Mini-mental State Examination (MMSE)	57
2.4 Fonctionnalité et mobilité	58
Berg Balance Scale	58
Timed Up and Go.....	59
Profil fonctionnel	59
K-level	59
3) ETUDE RÉTROSPECTIVE DE COHORTE POUR IDENTIFICATION DE FACTEURS PRÉCOCES IMPACTANT L'ÉVOLUTION RÉADAPTATIVE DES PATIENTS AMPUTÉS TIBIAUX ET FÉMORAUX	61
3.1 Analyses statistiques	61
3.2 Résultats	62
Durée de séjour	63
Orientation à la sortie.....	63
K-level	64
4) ETUDE PROSPECTIVE DE COHORTE POUR IDENTIFICATION DE FACTEURS PRÉCOCES IMPACTANT L'ÉVOLUTION RÉADAPTATIVE DES PATIENTS AMPUTÉS TIBIAUX ET FÉMORAUX	67
4.1 Analyses statistiques	70
4.2 Résultats	71
Longueur de séjour	77
Orientation à la sortie.....	78
Berg Balance Scale	79
MMSE	80

Timed Up and Go	81
Autonomie pour les transferts	82
Autonomie pour chausser la prothèse.....	83
Autonomie pour les escaliers	83
Utilisation d'aides techniques à la marche à la sortie	84
Utilisation d'aides techniques à la marche six mois après la sortie	85
K-Level six mois après la sortie	86
CHAPITRE III : DISCUSSION DES RÉSULTATS ET CONCLUSION	89
1) Résumé de la contribution scientifique de la thèse	89
2) Synthèse des résultats majeurs des études de cohortes	90
3) Confrontation à la littérature	93
4) Implications cliniques et perspectives de recherche	96
BIBLIOGRAPHIE	101
ANNEXES	116

INTRODUCTION

La rééducation du patient amputé comporte plusieurs grandes phases. Esquenazi et Meier en ont proposé neuf [1] :

- La phase préopératoire évalue le patient et son état médical. On discute le niveau d'amputation et le projet prothétique post-opératoire.
- La chirurgie d'amputation/reconstruction est l'acte technique qui établit la longueur du moignon, ses couvertures musculaires, la fermeture des tissus mous, la gestion des nerfs et des extrémités osseuses et l'éventuel bandage rigide du moignon.
- Les soins aigus post-opératoires qui englobent la cicatrisation, le contrôle de la douleur, la mobilisation proximale, le soutien émotionnel.
- La phase pré-prothétique durant laquelle a lieu le modelage et la diminution d'œdème du moignon, l'augmentation de la force musculaire et une restauration de confiance en soi du patient.
- La prescription de la prothèse qui a lieu dans un consensus pluridisciplinaire, suivie de la fabrication de cette prothèse.
- L'entraînement prothétique avec une augmentation de la durée de port de la prothèse et de la fonctionnalité.
- L'intégration communautaire qui vise à reprendre les rôles familiaux et sociaux et à rétablir l'équilibre émotionnel et des stratégies d'adaptation.
- La réadaptation professionnelle où l'on planifie le projet professionnel futur, qui peut impliquer une adaptation de poste, des formations complémentaires ou une reprise d'études.
- Le suivi prothétique, médical et fonctionnel au long cours avec accompagnement psychologique continu.

Habituellement, les patients débutent leur programme de réadaptation pluridisciplinaire durant la phase pré-prothétique, voire même parfois en post-opératoire aigu. Les soins rééducatifs sont donc réalisés bien avant la prescription de la première prothèse. Les soins de kinésithérapie consistent en un travail de renforcement des fessiers, de la ceinture abdominale, du tronc, de gainage, de lutte contre les rétractions ou contre les positions dites vicieuses. L'ergothérapie travaille davantage les aspects fonctionnels de la rééducation avec réalisation des différents transferts (lit/chaise ou chaise/toilettes par exemple), et exercices dans les activités de la vie quotidienne. Un suivi psychologique est également proposé de manière précoce. Si nécessaire, une rééducation de type neuropsychologique ou logopédique peut également être proposée. Le port d'une contention élastique est généralement proposé dès la phase de rééducation pré-prothétique (parfois même dès la phase post-opératoire aiguë). La durée du port de cette contention dans la journée est variable d'un patient à l'autre, et s'adapte à l'évolution du moignon et de la cicatrice. Durant cette rééducation pré-

prothétique, des outils de rééducation spécifiques peuvent être utilisés, comme par exemple la prothèse d'entraînement, qui est une prothèse moulée en plâtre sur laquelle un pilon et un pied (et également un genou dans le cas de l'amputation trans-fémorale) sont amarrés. Elle permet au patient d'appréhender les sensations de mise en charge sur le membre amputé, de travailler les premiers pas et d'avoir également un effet de modelage du moignon.

La prescription de la première véritable prothèse et la phase initiale de la rééducation prothétique ont également lieu durant l'hospitalisation en centre de réadaptation pluridisciplinaire. Cette première prothèse est la prothèse dite « d'évaluation ». Pendant plusieurs mois (d'abord en hospitalisation puis ensuite après la sortie, dans son milieu de vie habituel), le patient va se familiariser puis évoluer avec cette prothèse. Le moignon va également acquérir une forme plus stable. Après quelques mois, la prothèse dite « définitive » pourra ensuite être prescrite et réalisée, en intégrant des éléments propres à la fonctionnalité et au degré d'activité et du patient. Cette prothèse sera donc plus précise et individualisée que la prothèse d'évaluation. Elle pourra d'ailleurs, en cas d'amputation fémorale, intégrer un genou mécanique, électronique ou motorisé.

Lors du suivi au long cours du patient amputé, une attention particulière sera notamment apportée à son intégration familiale, professionnelle et sociale, à sa qualité de vie et à sa fonctionnalité. Différentes adaptations de la prothèse (réglages d'axes, modification de formes de l'emboiture, renouvellement des différents composants de la prothèse) pourront être apportées en fonction de la demande fonctionnelle, de l'état du moignon et de l'évolution médicale du patient.

L'évolution des patients amputés est très variable. Certains retrouvent une fonctionnalité et une qualité de vie tout à fait satisfaisante, parfois même meilleure qu'avant l'amputation dans les cas par exemple d'antécédent de plaies et douleurs chroniques. D'autres ne parviennent pas à utiliser une prothèse de manière efficace et ont un meilleur fonctionnement quotidien sans prothèse, qu'ils ressentent parfois comme une encombre. La durée d'hospitalisation en rééducation est également très variable, et peut durer de quelques semaines à parfois plusieurs mois. En fin d'hospitalisation, certains patients peuvent regagner leur domicile mais d'autres sont plutôt orientés en maison de repos. Il est parfois difficile, en début de séjour en rééducation, de prévoir l'évolution du patient et d'identifier des points qui auraient tout intérêt à être anticipés et travaillés de manière précoce.

OBJECTIFS DE LA THÈSE

OBJECTIF PRIMAIRE ET OBJECTIFS SECONDAIRES

L'objectif primaire de cette thèse était d'identifier et d'évaluer les facteurs pronostiques associés aux résultats fonctionnels, à la qualité de vie et au devenir clinique des patients amputés du membre inférieur. Pour y parvenir, deux objectifs secondaires ont été définis :

- **Objectif n°1** : identifier, dans une étude de cohorte rétrospective, les facteurs pronostiques associés aux résultats fonctionnels, à l'orientation à la sortie et à la durée d'hospitalisation. En raison du caractère exploratoire, aucune hypothèse spécifique n'était formulée a priori.
- **Objectif n°2** : identifier, dans une étude de cohorte prospective, les facteurs pronostiques associés aux résultats fonctionnels, cognitifs, à l'orientation à la sortie et à la durée d'hospitalisation. En raison du caractère exploratoire et du nombre élevé de facteurs étudiés, aucune hypothèse spécifique n'était formulée a priori.

FIL CONDUCTEUR DE LA THÈSE

La finalité de ce travail de doctorat était d'identifier, au moment de l'amputation, les caractéristiques médicales, psychologiques, familiales et sociales du patient amputé de membre inférieur, et de mettre en évidence leur caractère prédictif sur différents résultats rééducatifs.

Chapitre I : positionnement du projet de recherche

Dans un premier temps, le projet de recherche a été contextualisé par un état de l'art et une revue de la littérature existante. Une revue systématique a ainsi été menée afin d'identifier les facteurs associés à la qualité de vie ultérieure des patients amputés (étude 1). Un état des lieux des connaissances concernant les facteurs associés à la fonctionnalité future a également été proposé. Une attention particulière a été ensuite portée à deux points. Le premier concernait l'impact potentiel de l'utilisation d'un genou électronique. Une revue systématique a donc été réalisée afin d'évaluer les différences entre genoux mécaniques et électroniques en termes de fonctionnalité et de qualité de vie (étude 2). Le second point portait sur l'intégration d'une prothèse d'entraînement dans le programme de rééducation. Une étude observationnelle de cohorte rétrospective a donc été réalisée, pour comparer différents résultats rééducatifs entre des patients ayant utilisé une prothèse d'entraînement et ceux n'y ayant pas eu recours (étude 3).

Chapitre II : étude de la relation entre différentes caractéristiques du patient et plusieurs résultats rééducatifs

Dans un deuxième temps, le travail s'est articulé autour de l'étude des facteurs initiaux des patients amputés et de leur association avec les résultats rééducatifs, constituant le cœur de la thèse. Les variables étudiées ont d'abord été définies, incluant notamment la force de hanche, pour laquelle une étude de reproductibilité intersession du Microfet2 a été menée afin de légitimer son utilisation (étude 4). Les principaux résultats rééducatifs ont également été précisés (durée de séjour, état cognitif, orientation à la sortie, performances fonctionnelles). L'analyse de ces relations a reposé sur deux études de cohorte complémentaires : une première étude rétrospective (étude 5), exploratoire, suivie d'une étude prospective (étude 6), qui constitue la pièce maîtresse de ce travail. Cette dernière intègre l'ensemble des variables pertinentes issues de la littérature, de l'analyse rétrospective et de considérations cliniques.

Chapitre III : discussion des résultats et conclusion

Enfin, les résultats de ces deux études de cohorte ont été discutés conjointement dans le dernier chapitre, en les confrontant à la littérature existante et en ouvrant des perspectives cliniques et scientifiques futures.

CHAPITRE I : POSITIONNEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

1) POSITIONNEMENT DANS LA LITTÉRATURE

1.1 Relations entre le profil du patient amputé et sa qualité de vie ultérieure

Une revue systématique de la littérature a été réalisée, afin de recenser de manière exhaustive les travaux ayant déjà eu lieu concernant l'identification de facteurs pronostiques de la qualité de vie ultérieure du patient amputé. En effet, aucune étude n'avait encore réalisé de synthèse globale des travaux existants. Notre revue systématique a été publiée en 2024 dans *Prosthetics and Orthotics International* [2]. L'article complet est disponible en annexe 1.

Stratégie de recherche

La stratégie de recherche PICOT était la suivante (Tableau 1) [3] :

Critère d'inclusion	
Population	Adultes de 18 ans ou plus, avec une amputation majeure de membre inférieur : <ul style="list-style-type: none">• Au-dessus ou en-dessous du genou• Unilatérale ou bilatérale• De n'importe quelle étiologie
Intervention	N'importe quel facteur pronostique de qualité de vie (ces facteurs pouvaient être l'âge, le genre, le niveau d'amputation, ...). La qualité de vie devait être mesurée chez les patients amputés de membre inférieur avec certaines variables qui étaient présentées comme des variables pronostiques de qualité de vie.
Comparateur	Non applicable
Résultat	La qualité de vie, qui devait être mesurée entre 6 mois et 5 ans après l'amputation
Type d'étude	Etudes longitudinales (observationnelles (cohortes prospectives ou rétrospectives) ou interventionnelles).

Tableau 1 : Critères d'inclusion.

Aucun facteur pronostique spécifique n'a été inclus dans la stratégie de recherche, afin de permettre une identification exhaustive et non biaisée des facteurs potentiellement associés à l'issue étudiée, conformément à une approche exploratoire. La période d'évaluation de la qualité de vie devait se situer entre six mois et cinq ans après l'amputation. En effet, il a été démontré que les plus grands changements de qualité de vie surviennent au cours des six

premiers mois suivant l'amputation [4]. De plus, une limite de cinq ans a été fixée afin de réduire les risques de facteurs de confusion potentiels, notamment en raison de la forte mortalité observée chez les patients présentant une amputation d'étiologie dysvasculaire au cours des premières années suivant l'amputation, avec un taux de mortalité de 77 % à cinq ans [5].

Lorsqu'une étude rapportait différents délais post-amputation entre les patients, seules les études présentant un délai moyen ou médian entre six mois et cinq ans après l'amputation ont été incluses dans notre revue systématique.

Les bases de données électroniques Medline (via Ovid) et Scopus ont été interrogées depuis leur création jusqu'en janvier 2023 afin d'identifier les études évaluant la qualité de vie chez les patients présentant une amputation d'un membre inférieur. Aucune restriction de date n'a été appliquée, mais la recherche a été limitée aux articles publiés en anglais et en français.

De plus, une recherche manuelle a été effectuée dans les bibliographies des articles pertinents afin de compléter la recherche bibliographique. Des experts du domaine ont également été contactés pour obtenir d'éventuelles références supplémentaires qui auraient pu être manquées lors du processus de sélection.

La qualité de chaque étude a été évaluée indépendamment par deux chercheurs en utilisant l'outil d'évaluation de la qualité des études de cohorte observationnelles et transversales du National Heart, Lung and Blood Institute (NIH) [6].

Sur 3599 résultats de recherche obtenus lors de l'interrogation des bases de données, 24 études ont finalement été retenues pour notre revue systématique. Le diagramme de sélection des études selon la stratégie de PRISMA 2020 est disponible à la figure 1.

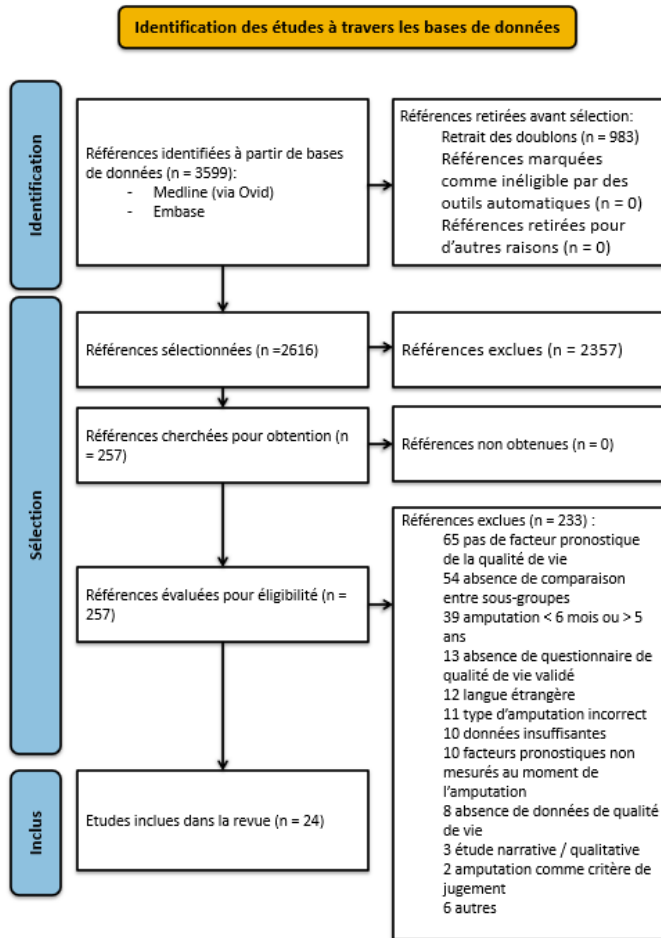


Figure 1: Diagramme de la sélection des études selon Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020).

Résultats et interprétations

Les résultats de notre revue systématique étaient les suivants:

- Âge

Huit études (quatre transversales et quatre longitudinales) ont examiné l'effet de l'âge sur la qualité de vie après amputation. Toutes, sauf une, ont montré qu'un âge plus jeune était corrélé de manière fortement significative avec une meilleure qualité de vie, surtout dans la dimension physique [7–12]. Une de ces études a également observé des relations sociales significativement meilleures pour le groupe de patients de 20-39 ans par rapport aux patients de 40-60 ans [13]. Une seule étude n'a trouvé aucune association entre l'âge et la qualité de vie [14]. Fait intéressant : dans cette dernière étude, l'ensemble des participants provenait de cliniques spécialisées dans l'appareillage prothétique, et tous les patients utilisaient une prothèse. Il a pourtant été démontré que la diminution de la qualité de vie avec l'âge est principalement liée à une baisse de la mobilité dans un contexte de comorbidités [11,15–17].

Ainsi, en sélectionnant uniquement des patients appareillés, il est probable que l'échantillon ait été composé de sujets plus mobiles, pour lesquels l'effet négatif de l'âge sur la qualité de vie est moins marqué.

- Niveau d'amputation

Onze études (huit transversales et trois longitudinales) ont évalué l'effet du niveau d'amputation sur la qualité de vie. Deux études comparant les niveaux d'amputation indiquent une association significative entre une meilleure qualité de vie et une amputation tibiale plutôt que fémorale [14,18] mais cette relation n'est pas restée significative après analyse multivariée dans l'étude de Kizilkurt [14]. L'étude de probabilité de Fortington retrouve quant à elle un impact prédictif significatif du niveau d'amputation sur la qualité de vie, avec une qualité de vie significativement inférieure pour les amputés fémoraux par rapport aux amputés tibiaux [7]. Certaines études n'ont toutefois trouvé aucune différence significative, notamment entre la désarticulation du genou et l'amputation trans-fémorale, ni entre la longueur du moignon et la qualité de vie [19]. Cinq études n'ont pas trouvé de relation entre la qualité de vie et le niveau d'amputation [10–13,20]. On peut supposer que la qualité de vie est plus directement liée au niveau fonctionnel atteint, lui-même dépendant du niveau d'amputation. En effet, il a été montré que le niveau d'amputation est associé à la perte d'autonomie, que les patients avec amputation trans-fémorale portent moins souvent une prothèse, et que les amputations bilatérales sont liées à une incapacité à marcher [17]. De plus, le *Scottish Physiotherapy Amputee Research Group* a rapporté que les personnes présentant une amputation BKA (pour *Below Knee Amputation*) bilatérale obtiennent de meilleurs résultats de mobilité que celles ayant une amputation AKA (pour *Above Knee Amputation*) unilatérale [15]. Concernant la satisfaction vis-à-vis de la mobilité, Norvell et al. ont montré que les patients avec AKA avaient tendance (sans différence significative) à présenter une mobilité moindre que ceux avec BKA, ainsi qu'une satisfaction significativement plus faible vis-à-vis de leur mobilité un an après l'amputation. Or, la satisfaction quant à la mobilité est étroitement associée à la satisfaction de vie [21].

- Sexe

Sept études (toutes transversales) ont examiné l'effet du sexe sur la qualité de vie après amputation d'un membre inférieur. Les résultats sont hétérogènes. Trois études ont montré une meilleure qualité de vie chez les femmes, soit pour les dimensions physique et mentale [18,20], soit uniquement pour la dimension physique [22]. Une étude a observé une meilleure qualité de vie chez les hommes, mais seulement pour les domaines de la santé générale et des relations sociales [23]. Trois autres études n'ont trouvé aucune association significative entre le sexe et la qualité de vie [10–12]. L'influence du sexe sur la qualité de vie des patients amputés montre des résultats inconstants dans la littérature. La scoping review menée par Cimino, incluant 121 études, met également en évidence ces résultats contrastés concernant l'impact du sexe sur la qualité de vie [24]. Parmi ces 121 études, 55 ne relèvent aucune

différence entre hommes et femmes ayant une amputation acquise du membre inférieur (traumatique, dysvasculaire, cancéreuse ou infectieuse), tandis que 66 rapportent des différences. Les aspects les plus souvent étudiés de la qualité de vie concernent la dimension physique (mobilité, utilisation ou satisfaction prothétique, santé physique), alors que les dimensions psychosociales sont moins abordées. Cette scoping review a mis en évidence des résultats plus favorables pour les hommes que pour les femmes, tout en soulignant une grande hétérogénéité des conclusions entre les études.

- **Etiologie**

Cinq études (trois transversales et deux longitudinales) ont examiné l'effet de l'étiologie de l'amputation sur la qualité de vie. Dans trois études, les amputations d'origine traumatique étaient associées à une meilleure qualité de vie que celles dues à des causes vasculaires ou infectieuses [9,20,25]. Toutefois, dans l'étude de Hisam et al., le domaine du fonctionnement social était plus faible chez les patients ayant une amputation traumatique [20]. Parmi les amputations traumatiques, une meilleure qualité de vie a été observée chez les patients ayant subi une amputation différée [26], ou chez ceux ayant une infection post-traumatique, comparativement aux amputations liées à des blessures de guerre [13]. Les amputations d'origine traumatique sont associées à une meilleure qualité de vie que les amputations d'origine vasculaire. Demet et al. a également rapporté que l'étiologie traumatique s'accompagnait de moins de limitations physiques et de moins d'isolement social [27]. Enfin, Asano et al. a également observé une qualité de vie plus faible (selon une échelle visuelle analogique) chez les patients avec amputation d'origine vasculaire [28].

- **Soutien social et financier**

Quatre études (une transversale et trois longitudinales) ont examiné l'effet du soutien social et financier sur la qualité de vie. Être en couple (marié ou non) était associé à une meilleure qualité de vie selon l'étude de Mac Neill et al [29]. Cependant, Nizamli et al. n'ont trouvé aucune association entre l'état civil et la qualité de vie [13]. Ce même auteur a toutefois observé que le soutien financier et le fait d'avoir un emploi étaient liés à une meilleure qualité de vie dans le domaine psychologique, et qu'un niveau financier plus élevé influençait positivement les domaines physique et environnemental de la qualité de vie. À l'inverse, Davie-Smith et al. n'a trouvé aucune relation significative entre le statut socioéconomique au moment de l'amputation et la qualité de vie mesurée six à 12 mois plus tard [30]. Enfin, Williams et al. ont examiné l'effet du soutien social et n'ont trouvé aucune association avec la qualité de vie [31].

- **Comorbidités**

Quatre études (trois transversales et une longitudinale) ont examiné l'effet des comorbidités sur la qualité de vie. Dans trois études, les comorbidités ont été évaluées de façon catégorielle (présence/absence [14,32] ou nombre de 0 à 4 comorbidités [10]). Htwe a retrouvé une

relation significative entre le nombre de comorbidités et la dimension physique de la qualité de vie [10]. Une corrélation fortement positive a été retrouvée entre la sévérité de la fibromyalgie et une moins bonne qualité de vie [32]. Kizilkurt retrouvait également une qualité de vie significativement plus basse dans le groupe présentant des comorbidités, tant pour le domaine physique que mental. Toutefois, après régression multiple, les comorbidités n'ont pas été retenues comme facteur prédictif majeur [14]. Abdelgadir et al. ont spécifiquement étudié l'impact du diabète et a observé une corrélation négative hautement significative entre la durée du diabète et la qualité de vie [22]. Les comorbidités semblent donc associées à une qualité de vie plus faible chez les patients amputés d'un membre inférieur. Ces résultats concordent avec ceux de la littérature, qui montrent une détérioration de la qualité de vie en cas de multimorbidité [33].

- Etat psychologique

Trois études (toutes longitudinales) ont analysé l'effet du statut psychologique sur la qualité de vie après une amputation d'un membre inférieur. Les résultats indiquent que l'état psychologique au moment de l'amputation est étroitement lié à la qualité de vie ultérieure. Coffey et al. ont montré que les patients présentant une forte motivation à atteindre ou à ajuster leurs objectifs dès leur entrée en rééducation avaient, six mois après leur sortie, une meilleure qualité de vie physique et psychologique, ainsi qu'une meilleure adaptation à l'environnement [34]. À l'inverse, la présence de dépression ou des niveaux élevés d'anxiété au moment de l'amputation étaient associés à une détérioration de la qualité de vie, tant sur le plan physique que psychologique [9,35].

- Autres

D'autres facteurs ont été étudiés, chacun dans une seule étude:

- La comparaison de deux techniques chirurgicales pour l'amputation trans-tibiale (avec ou sans pont osseux) n'a montré aucune différence sur la qualité de vie [36].
- L'ethnie (malais, chinoise ou indienne) n'a eu aucun effet significatif sur la qualité de vie [10].
- En revanche, une meilleure fonctionnalité 24 heures avant l'amputation a été associée à une qualité de vie plus élevée, notamment dans le domaine physique [35].

Forces et limites

Cette revue systématique présente une méthodologie rigoureuse et permet d'identifier des facteurs cliniquement pertinents influençant la qualité de vie après amputation. Cependant, l'hétérogénéité des études, l'absence de méta-analyse et la prédominance de données observationnelles limitent la portée des conclusions et la possibilité d'établir des relations causales solides.

Conclusion

Après confrontation des résultats de notre revue systématique avec la littérature, nous pouvons conclure qu'un jeune âge, une amputation trans-tibiale, une étiologie traumatique, et l'absence de comorbidités semblent associés à une meilleure qualité de vie, tandis que le sexe et le contexte socioéconomique ne semblent pas montrer d'association claire.

Les facteurs psychologiques paraissent associés à la qualité de vie des patients amputés: une plus grande tendance à la poursuite d'objectifs ou une meilleure capacité d'ajustement face aux objectifs est corrélée positivement à la qualité de vie, alors que la dépression ou l'anxiété ont une association négative avec celle-ci.

Lorsque l'on analyse la qualité de vie par domaine, plusieurs points se dégagent parmi les études incluses dans notre revue systématique :

- Le domaine physique est le plus affecté par l'âge et les comorbidités, et c'est également le seul influencé par la fonctionnalité avant l'amputation.
- Le niveau BKA semble avoir un effet positif sur le domaine physique, bien que certaines études n'aient trouvé aucune différence significative selon le niveau d'amputation.
- La dépression, l'anxiété et les amputations bilatérales ont un impact négatif sur les domaines physique et mental.
- Le fait d'être en couple influence principalement le domaine mental.
- Une meilleure capacité d'ajustement des objectifs a un effet positif sur le domaine environnemental.

1.2 Relations entre le profil du patient amputé et sa fonctionnalité ultérieure

À la suite de la revue systématique visant à identifier les facteurs associés à la qualité de vie ultérieure des patients amputés, l'analyse s'est ensuite étendue à l'étude des facteurs associés à leurs résultats fonctionnels. Peu d'études existaient lorsque la question des facteurs pronostiques de l'évolution fonctionnelle des patients amputés a été soulevée [37–40]. Cependant, aucune de ces études ne répondait pleinement aux attentes et aux critères définis. Le tableau 2 présente les principales caractéristiques des études retenues lors de la recherche. Ces études présentaient les populations les plus importantes et surtout, s'intéressaient spécifiquement à la notion pronostique des différentes caractéristiques du patient amputé, sur des résultats fonctionnels.

L'étude de Czerniecki [39] proposait un large panel de prédicteurs potentiels et de tests fonctionnels d'évaluation un an après l'amputation, et se rapprochait assez bien du travail que nous souhaitons mener. Cependant, seuls les patients avec une étiologie vasculaire étaient retenus dans l'étude, et les patients avec amputation bilatérale étaient exclus également. Ils n'incluaient pas non plus les patients qui avaient déjà subi une amputation au préalable. L'étude de Shutze [37], plus récente, intégrait cette fois tout patient ayant subi une amputation majeure de membre inférieur, mais présentait un design uniquement rétrospectif, proposait un panel de prédicteurs plus réduit, et se limitait à deux résultats : la survie et la réussite de l'appareillage.

La revue systématique de Sansam [40] datait déjà de 2009 et discutait les résultats de 57 études. Beaucoup de facteurs prédictifs avaient déjà été étudiés dans la littérature mais leur analyse portait le plus souvent uniquement sur les capacités de marche avec une prothèse.

Source	Design de l'étude	Critères d'inclusion et d'exclusion	Caractéristiques de la population	Temporalité et délai d'observation des résultats rééducatifs	Variables indépendantes (prédicteurs)	Résultats rééducatifs étudiés
Etudes de cohorte						
Shutze et al. (2024)[37]	Analyse rétrospective d'une cohorte monocentrique	Inclusion : Toute amputation majeure (2010-2019). Exclusion : Amputation sous la cheville ou désarticulation de la hanche.	464 patients (âge moyen 65 ans ; 62 % diabétiques ; 69 % BKA).		Âge, sexe, ethnicité, IMC, comorbidités, score ASA, statines, tabagisme, niveau d'amputation et K-level.	Primaire : Survie globale. Secondaire : Réussite de l'appareillage prothétique.
Czerniecki et al. (2017)[39]	Deux études de cohortes prospectives multisites.	Inclusion : 18 ans, 1ère amputation majeure (vasculaire). Exclusion : Troubles cognitifs graves, non-déambulatoires avant l'opération, amputation bilatérale.	200 participants (âge moyen 63 ans ; 96 % d'hommes ; 78 % diabétiques).	Prospective. Évaluation à 12 mois post-amputation.	Âge, ethnicité, statut marital, éducation, IMC, santé auto-évaluée, comorbidités (BPCO, dialyse), dépression/anxiété.	Indépendance en mobilité de base (iBASIC) et avancée (iADVANCED) via l'indice LCI-5.
Spaan et al. (2016)[38]	Étude de cohorte rétrospective.	Inclusion : Amputation unilatérale, admis en rééducation (2011-2014).	82 patients avec amputation unilatérale (BKA, désarticulation genou, AKA).	Rétrospective. Mesures à la fin de la rééducation (après 6-8	Âge, sexe, niveau d'amputation, étiologie d'amputation, tests moteurs initiaux	Mobilité finale : Test de marche de 2 min (2-MWT), Timed Up and Go (TUG) et K-level

		Exclusion : Amputation bilatérale, pas de prothèse, décès durant le séjour.		semaines d'entraînement).		
Revue systématique de littérature						
Sansam et al. (2009)[40]	Revue systématique de la littérature.	Inclusion : Adultes, lien entre prédicteurs pré-rééducation et marche post-rééducation. Exclusion : Études animales, cas isolés, éditoriaux.	57 études analysées. Adultes avec amputation unilatérale ou bilatérale.	Revue d'études prospectives et rétrospectives. Résultats après la rééducation.	Etat cognitif, forme physique, équilibre unipodal, autonomie AVQ, âge, mobilité préopératoire, durée entre l'amputation et la réadaptation, problèmes de moignon, niveau d'amputation, étiologie, âge, sexe.	Capacité de marche avec une prothèse (vitesse, distance, utilisation quotidienne, niveau d'indépendance).

Tableau 2 : études concernant la capacité prédictives de différentes variables sur les résultats fonctionnels ultérieurs des patients amputés.

POSITIONNEMENT DANS LA LITTÉRATURE

Résumé

Concernant la capacité prédictive de certaines caractéristiques du patient amputé sur sa qualité de vie future, plusieurs études existaient déjà. Cette disponibilité d'articles particulièrement disparate d'un point de vue des prédicteurs étudiés dans chaque étude se prêtait particulièrement bien à la réalisation d'une revue systématique de la littérature. Un âge plus jeune était associé à une meilleure qualité de vie. Le statut unilatéral et BKA de l'amputation semblait également être associé à une meilleure qualité de vie. L'étiologie traumatique, un meilleur état psychologique au moment de l'amputation, une meilleure fonctionnalité préopératoire et une moindre charge de comorbidités montraient également une tendance positive dans ce domaine. Le genre et le statut socio-économique n'ont pas montré d'influence claire. L'ethnie n'a pas montré de rôle prédictif sur la qualité de vie chez le patient amputé.

Le rôle prédictif de différents facteurs sur le résultat fonctionnel futur des patients amputés a déjà été ponctuellement exploré dans quelques études, mais les critères d'inclusion et d'exclusion étaient régulièrement restrictifs, le design souvent rétrospectif et les prédicteurs proposés étaient souvent peu nombreux. A notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée par exemple au rôle de la force de hanche du patient amputé sur son évolution fonctionnelle. Nous réaliserons donc deux études de cohorte pour évaluer la capacité prédictive de différents facteurs sur les résultats fonctionnels des patients amputés.

2) POINTS D'ATTENTION SUPPLÉMENTAIRES

Deux éléments contextuels particuliers devaient être pris en considération concernant le milieu dans lequel ont été réalisées les études de cohorte.

Le premier concernait l'introduction, en Belgique, du remboursement du genou électronique depuis le 1er février 2021. Cette modification est intervenue durant la période d'inclusion de l'étude prospective. L'impact du genou électronique sur la mobilité et la qualité de vie des patients a été étudié dans plusieurs études et revues de la littérature [41–43]. Une revue systématique récente a rapporté les effets bénéfiques du Genium® (Ottobock), un type spécifique de genou électronique, mais sans inclure les études qui utilisaient d'autres types de genoux électroniques [44]. Afin d'obtenir une vision plus globale de cette problématique, une revue systématique de la littérature a été réalisée dans le cadre de ce travail doctoral afin d'évaluer l'impact de l'ensemble des types de genoux électroniques sur la mobilité et la qualité de vie des patients amputés.

Le deuxième point d'attention concernait l'utilisation d'une prothèse d'entraînement dans le programme de rééducation des patients amputés. Le centre de réadaptation à partir duquel les cohortes ont été constituées utilise en effet un outil spécifique, la prothèse d'entraînement, introduite précocement dans le processus rééducatif et permettant une mise en charge relativement rapide du patient. L'utilisation de cet outil dans la rééducation des patients amputés n'ayant à notre connaissance pas encore été étudié, une étude comparative de cohorte, de design rétrospectif, a été menée afin d'en explorer l'association avec différents résultats rééducatifs, notamment l'orientation à la sortie, la durée de séjour en réadaptation, la fonctionnalité atteinte en fin de séjour, ainsi que le nombre d'emboitures ou d'ajustements réalisés sur la prothèse d'évaluation.

2.1 Impact du genou électronique par rapport au genou mécanique

Depuis le 1^{er} février 2021, la Belgique compte parmi les pays autorisant le remboursement d'un genou électronique chez les patients amputés au niveau fémoral. Ce remboursement, moyennant évaluation médicale et avis de l'équipe pluridisciplinaire (kinésithérapeute et ergothérapeute), est octroyé sur la base de la réalisation de plusieurs tests (Amputee Mobility Predictor réalisé avec prothèse (AMP-Pro), Timed Up and Go (TUG), nombre de chutes sur les 4 dernières semaines, confiance dans la conservation de l'équilibre, vitesse et distance de marche, montée et descente d'une pente et des escaliers, exercices filmés en double tâche, classification fonctionnelle selon les critères de l'assurance maladie belge, évaluation vidéo de la démarche, auto-évaluation du patient avant et après réalisation des tests, ...) qui servent à démontrer une amélioration significative des performances du patient lors de l'utilisation du genou électronique par rapport au genou mécanique. Dans ce contexte particulier, une comparaison de la qualité de vie et de la fonctionnalité des patients qui utilisent un genou électronique par rapport à celles des patients qui utilisent un genou mécanique était nécessaire.

Une revue systématique a donc été réalisée, afin d'étudier l'impact du genou électronique sur la mobilité et la qualité de vie des patients avec une amputation de membre inférieur. Cette revue systématique a été publiée en 2022 dans le *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* et est disponible en annexe 2 [45]. Voici un résumé des résultats de cette revue ci-dessous.

Stratégie de recherche

Notre stratégie de recherche PICOT était la suivante (Tableau 3) [3] :

Critère d'inclusion	
Population	Patients avec amputation trans-fémorale unilatérale
Intervention	Utilisation d'un genou électronique
Comparateur	Utilisation d'un genou mécanique
Résultats	Marche, déambulation, mobilité, performances dans les activités de la vie quotidienne, performances physiques, équilibre, qualité de vie (évaluée à l'aide de questionnaires ou échelles validés)
Type d'étude	Etudes originales

Tableau 3 : Critères d'inclusion.

Études incluses

Dix-huit articles ont été inclus dans cette revue, dont sept essais contrôlés randomisés, six études transversales et cinq études de suivi. À ce jour, seuls trois essais contrôlés randomisés (dont un ayant donné lieu à la publication de cinq manuscrits) [46–51] ont évalué les effets des

genoux électroniques sur les critères de mobilité et de qualité de vie. Pris dans leur ensemble, les résultats de notre revue systématique tendent à montrer que l'utilisation d'un genou électronique, comparée à l'utilisation d'un genou mécanique, entraîne une amélioration des capacités de marche et de la qualité de vie [52]. Pour les études utilisant des design différents, les études de suivi ont globalement mis en évidence un meilleur statut fonctionnel et une meilleure qualité de vie chez les patients bénéficiant d'un genou électronique par rapport à un genou mécanique [53–57]. En revanche, les résultats des études transversales étaient relativement hétérogènes. La qualité de vie était le seul critère semblant être amélioré de manière reproductible avec les genoux électroniques dans les études transversales.

Genou électronique versus genou mécanique

En ce qui concerne les paramètres de mobilité, les critères évalués variaient largement d'une étude à l'autre. Certains auteurs ont rapporté des paramètres spécifiques de la marche, incluant des analyses tridimensionnelles, tandis que d'autres ont recueilli la vitesse de marche, le risque de chute, des indices d'évaluation des escaliers ou des pentes, le TUG [58], ou encore des questionnaires plus globaux intégrant différentes dimensions de la mobilité et de l'autonomie des patients, tels que le Prosthetic Limb Users Survey of Mobility (PLUS-M [59]), le Locomotor Capability Index (LCI-5) ou le General Self-Efficacy (GSE). La mobilité, mesurée par le LCI-5 ou par la vitesse de marche, semble être améliorée avec l'utilisation d'un genou électronique par rapport à un genou mécanique [52,54,57]. En revanche, aucun impact clair n'a été mis en évidence sur le risque de chute ni sur les paramètres de la marche. De plus, il convient de noter que le risque de chute peut être biaisé par le statut fonctionnel du patient : plus les patients s'engagent dans des activités physiques exigeantes grâce au genou électronique, plus le risque de chute peut augmenter. Aucune différence n'a été observée pour le PLUS-M ni pour le GSE.

Concernant les critères recueillis pour évaluer la qualité de vie des patients, la plupart des études ont utilisé le Questionnaire for Persons with a Transfemoral Amputation (Q-TFA [60]) ou le Prosthesis Evaluation Questionnaire (PEQ [61]). Des questionnaires génériques de qualité de vie ont également été utilisés, tels que le SF-36 ou l'EQ-5D. Toutes les études utilisant le SF-36 ont rapporté de meilleurs résultats avec le genou électronique par rapport au genou mécanique. Pris dans leur ensemble, les fonctions locomotrices et la mobilité des patients, ainsi que leur qualité de vie globale, semblent être améliorées par l'utilisation d'un genou électronique.

Une étude a analysé l'activité cérébrale des patients pendant la marche avec un genou électronique par rapport à un genou mécanique et a mis en évidence une activité cérébrale accrue (cortex préfrontal et moteur) chez les utilisateurs d'un genou mécanique comparativement aux utilisateurs de genou électronique [62]. Les auteurs ont interprété ce résultat comme une réduction des ressources cognitives nécessaires à la marche avec un genou électronique par rapport à un genou mécanique, ce qui pourrait également avoir un impact sur le risque de chute, la fatigue des patients ou leur capacité à marcher sur de plus

longues distances. Des études antérieures utilisant la spectroscopie proche infrarouge chez des patients présentant des pathologies de la marche, telles que la maladie de Parkinson ou la sclérose en plaques, ont montré une augmentation de l'activité cérébrale principalement au niveau du cortex préfrontal [63–65]. Le fait que les utilisateurs de genou électronique semblent nécessiter une activité cérébrale moindre pour réaliser des tâches similaires constitue un autre avantage de cette technologie, leur activité cérébrale se rapprochant davantage de celle observée chez des individus en bonne santé.

Forces et limites

Il convient de reconnaître que toutes les études incluses n'étaient pas en aveugle, y compris pour les évaluateurs, ce qui limite la validation et la généralisation des résultats. La taille des échantillons dans la plupart des publications se situait entre 20 (selon nos critères d'inclusion) et 35 sujets, à l'exception de quelques études transversales de plus grande ampleur. En revanche, un grand nombre d'études incluant moins de 20 sujets a été exclu et, par conséquent, les résultats pilotes et préliminaires rapportés dans ces articles ne sont pas présentés ici.

La validité interne des études examinées pourrait être améliorée par l'inclusion d'informations portant sur la fatigue et l'apprentissage, ainsi que sur le temps d'adaptation, le calcul de la taille d'effet, le taux d'attrition et les conflits d'intérêts. Il convient également de noter que cinq articles ont été publiés à partir du même protocole d'étude, sans indiquer que les données avaient déjà été analysées et publiées ailleurs. Les résultats de ces cinq études ont été présentés comme un seul essai clinique ; toutefois, une plus grande transparence est recommandée à l'avenir lors de la publication de plusieurs articles utilisant le même protocole et le même jeu de données.

Conclusion générale

La conclusion générale est que les genoux électroniques surpassent les genoux mécaniques en ce qui concerne l'état fonctionnel et la qualité de vie. Les utilisateurs de genou électronique ont tendance à présenter un meilleur état fonctionnel et une meilleure mobilité que les utilisateurs de genou mécanique. L'utilisation d'un genou électronique par rapport à un genou mécanique induit une amélioration des capacités de marche et de la qualité de vie.

2.2 Intérêt de l'utilisation d'une prothèse d'entraînement

Aucune étude n'avait évalué l'impact de l'utilisation d'une prothèse d'entraînement dans le parcours rééducatif du patient amputé du membre inférieur. Or, les patients inclus dans l'étude prospective proviennent du CHU-CNRF, centre dans lequel ce dispositif est quasi systématiquement utilisé en première partie de rééducation. Il sera donc important, lors de l'interprétation des résultats des études de cohorte, de prendre en compte l'influence potentielle de cet outil sur les résultats rééducatifs.

L'article a été publié en février 2024 dans *Healthcare* et est également disponible en annexe 3 [66]. La description de cette étude et de ses résultats est détaillée ci-dessous.

Objectifs

L'objectif de cette étude observationnelle comparative de cohorte rétrospective était d'examiner les résultats de la réadaptation des patients ayant subi une amputation du membre inférieur, en fonction de l'utilisation ou non d'une prothèse d'entraînement (figure 2) pendant leur programme de réadaptation. La prothèse d'entraînement est un outil de réadaptation employé durant la phase pré-prothétique, lorsque l'état du moignon (guérison suffisante et douleur supportable) le permet. Elle est composée d'éléments prothétiques modulaires classiques fixés à une emboîture en plâtre. Cette prothèse sera ultérieurement remplacée par la prothèse d'évaluation que le patient portera plusieurs mois, puis par la prothèse définitive.



Figure 2 : prothèse d'entraînement fémorale (gauche) et tibiale (droite). Photographies réalisées au CHU-CNRF

Méthodologie

L'étude a analysé les dossiers médicaux des patients admis consécutivement dans deux centres de réadaptation entre janvier 2014 et décembre 2018. Les patients ont été répartis en deux groupes selon que leur programme rééducatif a intégré ou non une prothèse d'entraînement. Les résultats rééducatifs suivants ont été comparés entre les deux groupes :

- durée du séjour en réadaptation
- nombre d'emboitures et nombre de recalibrages d'emboiture requis pour la prothèse d'évaluation
- fonctionnalité à la fin du séjour évaluée par le groupe fonctionnel atteint par le patient : six mois après la prescription de la prothèse d'évaluation, la prothèse définitive est attribuée sur la base de cette classification correspondant au niveau fonctionnel du patient. Celle-ci comprend cinq catégories, définies par l'assurance maladie belge [67], allant du groupe 1 au groupe 5, avec un niveau de fonctionnalité croissant.
- orientation à la sortie : maison de repos ou retour au domicile

Résultats

Un total de 171 patients consécutifs ont été admis durant la période d'inclusion, dont 126 ont bénéficié d'une prothèse d'entraînement et 45 n'en ont pas utilisé. Les deux groupes étaient comparables en termes de caractéristiques initiales, telles que l'âge, le sexe, l'indice de masse corporelle et le site de l'amputation. Le résultat principal et le plus significatif de cette étude concerne la durée du séjour en réadaptation. Les patients ayant bénéficié d'une prothèse d'entraînement ont montré une durée d'hospitalisation significativement plus courte (médiane de 68,5 jours) comparativement à ceux qui n'en ont pas utilisé (médiane de 99 jours, $p < 0,001$). Des analyses de sous-groupes ont révélé que cet impact positif sur la réduction de la durée du séjour était particulièrement marqué chez les hommes ($p < 0,001$), les patients en surpoids ou obèses (indice de masse corporelle (IMC) $\geq 25\text{kg/m}^2$, $p = 0,001$), et ceux ayant subi une amputation tibiale ($p < 0,001$). Par ailleurs, il n'y avait pas d'association significative entre l'utilisation de la prothèse d'entraînement et plusieurs autres critères de réadaptation essentiels. Cela inclut la destination de sortie des patients (retour à domicile ou orientation en établissement de soins), qui n'était pas significativement différente entre les groupes. De même, aucun lien n'a été trouvé avec le niveau fonctionnel atteint par les patients lors de la prescription de la prothèse définitive. Enfin, l'utilisation de la prothèse d'entraînement n'a pas montré de différence significative concernant le nombre d'emboitures nécessaires (ou le nombre d'adaptations de la taille de l'emboiture) requises pour la première prothèse d'évaluation.

Discussion

Cette réduction du temps de séjour suggère potentiellement une acquisition plus rapide de l'autonomie, une guérison plus précoce du moignon ou une réintégration socio-familiale accélérée. Cette durée de séjour plus courte implique une réduction de la morbidité liée aux

hospitalisations prolongées et un impact économique substantiel. Par ailleurs, ce raccourcissement de la durée de séjour montre tout son intérêt dans l'amélioration du flux des patients dans un contexte d'augmentation de la demande d'hospitalisation [68]. L'efficacité accrue pour les patients ayant un IMC plus élevé pourrait s'expliquer par le rôle plus important de la prothèse d'entraînement dans le processus de stabilisation du moignon ou par la mobilité précoce qu'elle permet pour des patients moins mobiles. Une étude a également montré qu'un moins bon score de mesure d'indépendance fonctionnelle (FIM, pour *Functional Independence Measure*) à l'admission était associé à une plus longue durée de séjour [69]. On peut ainsi émettre l'hypothèse que les facteurs associés à une mobilité réduite, tels qu'un IMC plus élevé, contribuent également à un allongement de la durée de séjour. Ainsi, la mobilisation précoce rendue possible par la prothèse d'entraînement pourrait expliquer la réduction particulièrement marquée de la durée de séjour observée chez les patients présentant un IMC élevé.

La même étude a montré une durée de séjour plus longue chez les patients amputés au niveau fémoral par rapport aux patients amputés au niveau tibial. Lors des analyses de sous-groupes de notre étude observationnelle, la différence de longueur de séjour entre les patients ayant utilisé la prothèse d'entraînement et les autres restait significative pour les amputés tibiaux mais pas les fémoraux. Une explication possible est que, chez les patients amputés au niveau fémoral, le gain précoce de mobilité apporté par la prothèse d'entraînement n'est pas compensé par le temps nécessaire à l'apprentissage du contrôle d'un genou prothétique. Par conséquent, l'effet de la prothèse d'entraînement sur la réduction de la durée de séjour pourrait être particulièrement bénéfique pour les patients amputés au niveau tibial, qui n'ont pas à apprendre à utiliser un genou prothétique.

Aucune hypothèse spécifique ne permet actuellement d'expliquer l'impact plus important de la prothèse d'entraînement sur la durée de séjour chez les hommes. Ces observations doivent donc être interprétées avec prudence et confirmées par d'autres études avant de pouvoir en tirer des conclusions définitives. L'absence d'association significative entre l'utilisation d'une prothèse d'entraînement et le niveau fonctionnel atteint (évalué selon cinq catégories, au moins six mois après la prothèse d'évaluation) pourrait être due au fait que la fonctionnalité était mesurée trop tardivement, après une période de plusieurs mois, permettant aux deux groupes d'atteindre un niveau comparable.

Forces et limites

Les résultats de cette étude doivent cependant être interprétés avec prudence. Bien qu'elle compare deux groupes selon l'utilisation d'une prothèse d'entraînement, cette répartition est fortement confondue par le centre de prise en charge : aucun patient du premier centre n'a bénéficié de cette prothèse, tandis que la quasi-totalité des patients du second centre l'ont utilisée. Cette distribution quasi dichotomique empêche de dissocier l'effet propre de la prothèse de celui des pratiques organisationnelles et rééducatives spécifiques à chaque centre. Ainsi, les différences observées peuvent refléter non seulement l'intervention étudiée,

mais également un effet centre important. Malgré cette limite, l'étude conserve un intérêt exploratoire, notamment pour générer des hypothèses concernant l'impact potentiel des stratégies de rééducation sur la durée de séjour et les résultats fonctionnels. Des études prospectives multicentriques avec randomisation ou ajustement statistique approprié seraient nécessaires afin d'isoler l'effet de l'intervention.

Conclusion

En conclusion, bien que des études prospectives et plus robustes soient nécessaires pour confirmer ces résultats, l'intégration d'une prothèse d'entraînement semble être un outil prometteur pour améliorer la réadaptation des patients amputés du membre inférieur, principalement en raccourcissant leur séjour hospitalier.

POINTS D'ATTENTION SUPPLEMENTAIRES

Résumé

Nous avons réalisé un travail préliminaire, nécessaire à l'interprétation correcte des résultats de nos études de cohorte. Nous avons porté notre attention sur deux points particuliers.

Tout d'abord, nous nous sommes intéressé à l'impact potentiel du genou électronique par rapport au genou mécanique, en termes de mobilité et de qualité de vie. Notre revue systématique sur cette question a permis de confirmer un effet supérieur du genou électronique sur la mobilité et la qualité de vie des patients amputés.

Ensuite, nous nous sommes penché sur l'effet potentiel de l'utilisation d'une prothèse d'entraînement dans la rééducation précoce du patient amputé. En effet, nos deux cohortes (rétrospective et prospective) présentent cette particularité d'intégrer cet outil peu répandu dans le programme rééducatif. L'étude rétrospective que nous avons menée sur l'utilisation de cette prothèse a en effet montré une association significative avec un séjour plus court en centre de rééducation. Cette association était particulièrement marquée chez les hommes ($p < 0,001$), les patients en surpoids ou obèses ($IMC \geq 25\text{kg/m}^2$, $p = 0,001$), et ceux ayant subi une amputation tibiale ($p < 0,001$).

CHAPITRE II : ETUDE DE LA RELATION ENTRE DIFFÉRENTES

CARACTÉRISTIQUES DU PATIENT ET PLUSIEURS RÉSULTATS

RÉÉDUCATIFS

Nous avons choisi d'étudier les relations entre un ensemble de caractéristiques (démographiques, sociales, médicales et fonctionnelles/motrices) du patient amputé du membre inférieur et plusieurs résultats rééducatifs. Après avoir étudié ces relations, nous avons construit plusieurs modèles statistiques afin d'évaluer le caractère prédictif éventuel de ces variables sur les différents résultats rééducatifs. Nous avons réalisé deux études de cohorte dans cette optique. La première étude était de design rétrospectif et incluait uniquement les variables et les résultats qui étaient consignés et disponibles dans les dossiers médicaux des patients. La seconde étude, de design prospectif, nous a permis d'intégrer l'ensemble des variables d'intérêt. Nous avons privilégié des variables validées, d'acquisition aisée et peu coûteuses afin de permettre leur réutilisation ultérieure en pratique clinique quotidienne (figure 3).

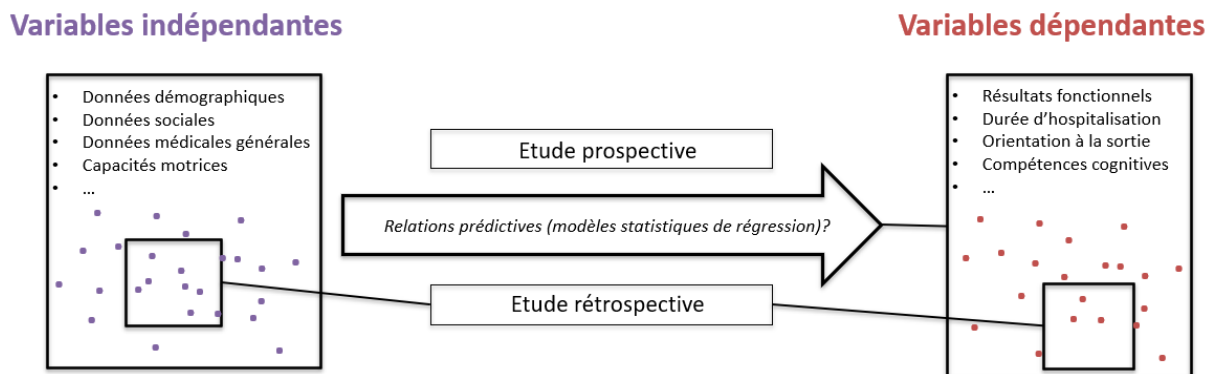


Figure 3 : modèle conceptuel d'étude de la relation entre différentes caractéristiques du patient et plusieurs résultats rééducatifs.

Dans un premier temps, les variables indépendantes analysées seront présentées et détaillées individuellement. Leur intérêt dans le cadre de ce travail sera exposé, et leurs éventuelles catégories seront définies. Les différents résultats rééducatifs étudiés seront ensuite décrits dans la section suivante. Enfin, les résultats de l'étude rétrospective puis de l'étude prospective seront détaillés puis discutés de manière conjointe.

1) VARIABLES INDÉPENDANTES

1.1 Données démographiques

Âge

L'âge au moment de l'amputation est un facteur prédictif indépendant de la mortalité à long terme après l'amputation de membre inférieur, mais l'augmentation de la mortalité liée à l'âge est plus importante après une amputation que dans la population en général [70]. L'âge est également associé à une moins bonne mobilité et à une moins bonne fonctionnalité après l'amputation [39,70]. Les résultats au TUG montrent un temps significativement plus long pour les patients amputés plus âgés [71,72]. Le niveau de fonctionnalité évalué à l'aide du K-Level a également montré une relation significative avec l'âge [73,74].

Pour des raisons d'analyses statistiques, et afin de donner des résultats plus interprétables, les âges ont été regroupés par catégories :

- ≤60 ans
- >60–70 ans
- >70–80 ans
- >80 ans

Sexe

La relation entre le sexe d'une part et la fonctionnalité, la mortalité et la qualité de vie du patient amputé d'autre part est un peu plus contradictoire dans la littérature [2,24]. Certaines études n'ont montré aucune association entre le sexe et la mortalité [70,75] tandis que l'étude de Reisoglu [76] identifie une association entre le sexe féminin et une mortalité plus élevée dans les six mois suivant l'amputation. Cependant, dans cette cohorte, les femmes étaient significativement plus âgées que les hommes. Les résultats concernant l'association entre le sexe et la qualité de vie chez les patients amputés sont particulièrement variés avec une influence parfois positive tantôt du sexe féminin, tantôt du sexe masculin sur la qualité de vie [2]. Concernant la fonctionnalité, certaines études ne montrent aucune association avec le sexe [76,77], tandis que d'autres montrent une vitesse de marche plus rapide pour les hommes [72] et une plus grande distance parcourue en deux minutes pour les hommes également [78].

Nombre d'enfants

Plusieurs études ont montré des liens entre le fait d'avoir des enfants, leur nombre, et différents aspects de qualité de vie ou de mortalité. Par exemple, l'étude de Meyer [79],

montre une survie plus longue pour les parents après une première fracture de hanche que pour les individus qui n'ont pas d'enfants. Les parents avaient par ailleurs moins de risque de présenter une fracture de hanche (tant les pères que les mères). En revanche, une étude menée dans 24 pays [80] a montré une tendance à une possibilité plus grande de mauvaise santé (particulièrement la dépression et les maladies chroniques) lorsque le nombre d'enfants était plus élevé. Ces résultats sont toutefois à analyser en tenant compte du niveau socio-économique et l'accès aux soins des différents pays. Sur la base de ces éléments, l'hypothèse exploratoire selon laquelle le fait d'avoir des enfants, ainsi que leur nombre, pourrait être associé à différents résultats d'évolution chez les patients amputés a été examinée.

Afin d'en faciliter l'interprétation et l'applicabilité clinique, cette variable a été catégorisée comme suit :

- Pas d'enfant
- 1 ou 2 enfants
- 3 enfants ou plus

1.2 Données sociales

Vivre seul ou en couple

Différentes relations ont pu être montrées dans la population générale entre le fait de vivre avec un partenaire amoureux ou non et des aspects de santé. Par exemple, le taux de mortalité est considérablement plus faible chez les personnes qui vivent en couple (mariées ou cohabitantes) [81,82]. Une relation a également été montrée entre le fait de vivre en couple et le bien-être mental [81,82]. Le fait d'avoir un partenaire amoureux mais de ne pas vivre avec ce partenaire montrait également une influence positive, dans une moindre mesure, sur le bien-être mental, suggérant un statut un peu intermédiaire entre le fait d'être cohabitant/marié ou d'être célibataire [83]. À noter cependant qu'il peut exister un biais étant donné qu'une personne qui présente un meilleur état de santé physique et mental est sans doute également plus susceptible d'être en couple.

Deux catégories ont été individualisées :

- Vivre seul: le patient n'habitait pas avec un partenaire amoureux. Les patients qui avaient une relation amoureuse avec un partenaire sans habiter avec celui-ci étaient donc également repris dans cette catégorie. Les patients vivant avec un autre membre de la famille ou en colocation étaient également repris dans cette catégorie.
- Vivre en couple: le patient vit et habite avec un partenaire amoureux (marié ou non).

Statut professionnel

Différents aspects de santé ont été étudiés également au regard du statut professionnel. Les personnes qui sont professionnellement actives semblent présenter une meilleure santé physique et mentale que les personnes inactives professionnellement [84]. En revanche, les personnes retraitées semblent montrer à leur tour une meilleure santé physique, sociale et mentale que les personnes toujours actives professionnellement [84], excepté lorsque le départ à la retraite était motivé pour raison de mauvaise santé [85].

Dans ce contexte, les patients ont été regroupés en trois catégories faisant référence à la situation professionnelle du patient au moment de l'amputation :

- Professionnellement actif : activité professionnelle, formelle ou informelle
- Professionnellement inactif : patient qui n'exerce pas d'activité professionnelle, que ce soit pour raison de santé (incapacité médicale) ou non
- Retraité : ayant atteint officiellement l'âge de la retraite et n'exerçant plus d'activité professionnelle

Entourage soutenant ou non

Les patients ayant un entourage perçu comme soutenant présentent un niveau de dépression plus faible après l'amputation [86]. Une corrélation positive a également été établie entre le support social et les interactions sociales d'une part et la qualité de vie du patient amputé d'autre part [87].

Nous avons donc interrogé nos patients afin de savoir s'ils percevaient leur entourage (amis, famille) comme soutenant ou non.

Logement adapté

Une évaluation du milieu de vie habituel du patient a été réalisée par le service social et l'équipe d'ergothérapie. L'habitat était classifié comme adapté s'il disposait déjà des aménagements nécessaires ou bien s'il pouvait être adapté moyennant une intervention raisonnable afin de rencontrer les besoins fonctionnels d'un patient amputé. Si cela n'était pas possible, le domicile était classé comme non adapté.

1.3 Données médicales générales

Étiologie de l'amputation

Notre revue systématique a permis de montrer que les amputations d'origine traumatique étaient le plus souvent associées à une meilleure qualité de vie que les amputations d'origine vasculaire ou infectieuse [2]. Les patients amputés pour raison traumatique ont montré un meilleur score au TUG [71].

L'étiologie de l'amputation a donc été intégrée parmi les variables de notre étude prospective :

- Maladie artérielle périphérique non diabétique
- Maladie artérielle périphérique diabétique
- Cause oncologique
- Traumatisme
- Cause infectieuse

Niveau d'amputation

De façon générale, l'amputation BKA est associée à une meilleure mobilité et une meilleure fonctionnalité que l'amputation AKA [71,77]. Il a également été montré que les patients opérés d'une amputation AKA présentent une durée de séjour en hospitalisation plus longue que les patients opérés d'une amputation BKA [88]. Notre revue systématique [2] a permis d'établir une relation significative entre le niveau d'amputation et la qualité de vie des patients, avec une qualité de vie globalement meilleure pour les patients amputés au niveau tibial par rapport aux patients amputés au niveau fémoral.

Index de pression cheville/bras

L'index de pression cheville-bras (IPS) possède une valeur pronostique pour les événements cardio-vasculaires et le déclin fonctionnel [89]. Il est donc pertinent de considérer également cette variable dans notre étude prospective. Nous avons mesuré l'index de pression systolique cheville-bras à l'admission du patient en centre de réadaptation, en utilisant un crayon US doppler et un sphygmomanomètre et en calculant le rapport entre la pression systolique à l'artère tibiale postérieure sur la pression systolique à l'artère radiale.

Les patients étaient alors répartis en trois catégories :

- Faible index de pression bras-cheville (≤ 0.90) : indicatif d'une artériopathie oblitérante des membres inférieurs
- Index de pression bras-cheville normal (0.91–1.39)

- Index de pression bras-cheville élevé (≥ 1.40) : suggestif d'artères incompressibles ou de médiocalcose

Taux d'hémoglobine glyquée

La vitesse de cicatrisation et le risque de réinfection des plaies chez le patient diabétique est négativement impacté par un taux important d'hémoglobine glyquée [90,91]. Chez les patients qui présentent un ulcère de pied diabétique et qui subissent une intervention de drainage chirurgical sans amputation majeure, le taux d'hémoglobine glyquée est un facteur qui impacte significativement la durée de séjour [92]. Cependant, aucune étude n'a étudié la relation entre le taux d'hémoglobine glyquée et la durée d'hospitalisation chez le patient amputé de membre inférieur. Nous avons donc choisi d'intégrer cette variable dans notre étude, afin d'en étudier les relations avec différents résultats rééducatifs.

Nous avons regroupé nos patients amputés diabétiques en fonction d'un taux d'hémoglobine considéré satisfaisant ($\leq 7\%$) ou élevé ($> 7\%$), afin de pouvoir être le plus applicable possible cliniquement.

Consommations tabagiques

La consommation tabagique chez le patient amputé est associée à un retard de cicatrisation, à un risque plus important d'infection [93] et de ré-amputation [93–95].

Dans notre étude, nous avons considéré les patients comme "fumeurs" s'ils rapportaient une consommation tabagique occasionnelle ou quotidienne, ou s'ils avaient arrêté leur consommation tabagique moins de six mois avant leur amputation.

Consommations d'alcool

La consommation d'alcool a été associée à des complications cicatricielles, des risques d'infection et des hospitalisations généralement plus longues [94]. Comme pour la consommation tabagique, la consommation d'alcool est aussi associée à un risque plus grand de ré-amputation [95].

La consommation d'alcool était considérée comme avérée si les patients étaient consommateurs quotidiens d'alcool ou bien si un diagnostic d'alcoolisme avait déjà été posé dans leur histoire médicale, même si le patient était sobre au moment de l'inclusion dans l'étude.

Indice de comorbidité de Charlson

La présence de moins de comorbidités (faible indice de Charlson) semble montrer une association significative avec une orientation au domicile à la fin du séjour en réadaptation [96]. Aucune relation significative n'a pu être retrouvée entre l'indice de Charlson et la durée de séjour en rééducation [97]. Il ne semble pas non plus y avoir d'association significative entre l'importance des comorbidités et la fonctionnalité du patient en fin de rééducation [98]. Nous avons souhaité vérifier ces résultats avec notre cohorte, raison pour laquelle l'indice de Charlson a été intégré à nos variables. Etant donné que l'âge était déjà considéré comme variable indépendante, nous avons choisi de conserver l'indice de Charlson original (Charlson 1987) plutôt que la version ajustée par l'âge (Charlson 1994).

Nous avons traité l'indice de Charlson des patients comme une variable continue, dans un objectif de conservation maximale de puissance et de précision statistique.

Indice de masse corporelle (IMC)

Les patients amputés avec un IMC élevé ($> 40\text{kg/m}^2$) ont montré une moins bonne fonctionnalité en fin de rééducation (marche, transferts, déplacements en chaise roulante manuelle) [99]. Ils ont également montré un plus long séjour en rééducation que les patients avec $\text{IMC} < 25\text{kg/m}^2$ et une probabilité moins importante d'être orienté à domicile en fin de séjour. L'association négative entre l'IMC élevé et la fonctionnalité n'était pas retrouvée dans l'étude de Burke [100].

Nous avons donc décidé d'intégrer également l'IMC des patients parmi les variables choisies pour notre étude. L'IMC des patients a été étudié en tant que variable continue afin d'obtenir la meilleure précision possible.

État thymique

L'état thymique évalué à l'aide de la HADS (pour *Hospital Anxiety and Depression Scale*) n'a pas montré de relation significative avec la capacité ou non d'utiliser une prothèse en fin de rééducation [101,102]. En revanche, même si les symptômes anxieux et dépressifs ont une tendance à s'améliorer rapidement en cours de rééducation, ils sont associés à une durée de séjour en rééducation plus longue [102].

Cette variable catégorielle (présence de symptômes dépressifs ou non) a également été intégrée dans notre étude.

État du moignon

Nous n'avons pas trouvé d'étude qui analysait directement la relation entre l'état du moignon en tant que variable et différents résultats rééducatifs tels que la durée de séjour, l'orientation à la sortie ou la fonctionnalité. Chislett a étudié la relation entre la cicatrisation incomplète du moignon ou la présence d'ulcère sur le moignon et le succès d'appareillage: aucune association significative n'a pu être mise en évidence [69].

Nous avons donc proposé trois catégories déterminées par l'état du moignon du patient amputé lors de son admission en centre de rééducation:

- Pas de problème particulier
- Complications locales: cicatrisation problématique
- Complications plutôt fonctionnelles: œdème, flessum de hanche ou de genou, parésie, moignon particulièrement court

État du membre controlatéral

Comme pour l'état du moignon, nous n'avons pas trouvé d'étude s'intéressant à l'état du membre controlatéral en le considérant comme une variable pour en analyser les relations avec différents résultats rééducatifs. Chislett montrait qu'une ulcération du membre controlatéral ne montrait pas d'association avec un succès ou non d'appareillage [69].

Voici les trois catégories proposées:

- Pas de problème particulier
- Problèmes aigus: par exemple plaies récentes ou amputation mineure récente
- Problèmes plus chroniques tels qu'un œdème chronique, une arthrose symptomatique, une polyneuropathie sensitivo-motrice sévère ou une dermite de stase significative

Durée depuis l'amputation

Le temps écoulé entre la chirurgie et l'amputation n'a pas montré de relation significative avec la durée de séjour ou la capacité à utiliser une prothèse en fin de rééducation [69]. Aucune association entre le temps écoulé depuis la chirurgie et les résultats fonctionnels en fin de rééducation n'a pu non plus être mise en évidence dans l'étude de Cheng [98].

Etant donné le peu d'études existantes ayant intégré cette variable, nous l'avons ajouté dans notre analyse afin d'en étudier les relations avec nos résultats rééducatifs.

1.4 Capacités motrices

Mobilité préalable

La mobilité préalable est un très bon facteur prédictif de la capacité de marche ultérieure [17,40,69,103]. Une moins bonne fonctionnalité à l'admission est également significativement associée avec une plus longue durée d'hospitalisation [69] et une fréquence moins importante de retour à domicile en fin de rééducation [104].

Cette variable a donc également été incluse dans l'analyse, en se référant à la période au domicile avant l'amputation. Deux catégories ont ainsi été définies:

- Mobilité préalable limitée: inclut par exemple les patients avec utilisation d'aides techniques à la marche, adaptations du domicile déjà en place pour le patient (monte-escalier par exemple), possession d'une carte de stationnement ou dépendance d'une tierce personne pour les activités de la vie quotidienne.
- Mobilité préalable non limitée.

Force de la hanche

La force des muscles de la hanche joue un rôle clé dans les mécanismes biomécaniques compensatoires [105,106]. Les extenseurs de la hanche jouent un rôle compensatoire crucial pour pallier la perte de la fonction sensorimotrice et de la puissance de flexion plantaire de la cheville prothétique. Plus précisément, une activation accrue du grand fessier est observée dans les deux membres (amputé et intact) pour transférer de l'énergie au tronc et assurer la progression vers l'avant [106]. Les fléchisseurs de la hanche sont également fondamentaux, particulièrement juste avant la phase d'oscillation. Ils génèrent une poussée de puissance importante pour tirer le membre inférieur vers le haut et vers l'avant, compensant ainsi le manque d'énergie normalement produite par la cheville lors de la phase de poussée [105]. Une faiblesse des muscles de la hanche est généralement associée à une réduction de la vitesse de marche [72,107,108] et à une augmentation du coût énergétique de la marche [109–111].

La force de la hanche des patients de l'étude a été mesurée à l'aide d'un dynamomètre manuel, le MicroFET2. Certaines études soulèvent une validité influencée par des facteurs tels que la force de l'examineur et une stabilisation adéquate [109,112,113]. Cependant, l'utilisation du dynamomètre manuel représente une alternative valide et fiable aux outils isocinétiques de référence. En effet, il représente une alternative facilement transportable qui permet de se dispenser d'un laboratoire fixe. Il est plutôt peu coûteux et facile d'utilisation [114]. L'utilisation du dynamomètre manuel a montré une reproductibilité bonne à excellente pour les quatre groupes musculaires de la hanche chez le sujet sain (flexion, extension, abduction et adduction), ainsi qu'une bonne fiabilité intra- et inter-évaluateur [115]. Cependant, peu

d'études ont encore eu recours au dynamomètre manuel pour l'évaluation de la force de la hanche chez le patient amputé. Une étude antérieure a évalué la reproductibilité de la mesure de la force des abducteurs de hanche à l'aide d'un dynamomètre manuel chez des patients amputés de membre inférieur, avec d'excellents coefficients de reproductibilité intra-évaluateur (ICC 0,96–0,97) et inter-évaluateur (ICC 0,92) [116]. Toutefois, cette étude ne concernait que les abducteurs de hanche et la reproductibilité n'était évaluée qu'au cours d'une même session. À notre connaissance, aucune étude n'avait encore évalué la reproductibilité intersession de la force de l'ensemble des groupes musculaires de la hanche chez les patients amputés à l'aide d'un dynamomètre manuel.

Afin de garantir un niveau élevé de confiance dans les résultats, la reproductibilité intra-évaluateur des mesures de force et des moments de force de quatre groupes musculaires de la hanche obtenues à l'aide du MicroFET2 entre 2 sessions différentes a fait l'objet d'une étude spécifique.

Méthodologie

Sur la base d'un calcul de puissance ($\rho_0 = 0,6$; $\rho_1 = 0,8$; $\alpha = 0,05$; puissance = 80 % ; deux répétitions par sujet et aucune perte de vue anticipée), une taille d'échantillon de 49 patients était requise. Un total de 52 patients a été inclus afin de renforcer la robustesse des résultats et de prévoir une marge de sécurité en cas de données invalides ou de perte de suivi. Les mesures ont été réalisées chez des patients qui présentaient une amputation unilatérale majeure de membre inférieur. Les patients ont été inclus s'ils présentaient une amputation au niveau tibial ou fémoral, quelle que soit l'étiologie de leur amputation, leur genre ou leur âge. Ils devaient parler français et être capables de donner leur consentement éclairé. Les patients étaient exclus de l'étude s'ils présentaient une lésion des membres inférieurs (plaie ou douleur) ne permettant pas la réalisation du test. Tous les patients inclus dans l'étude ont signé un formulaire de consentement éclairé. L'étude a reçu l'accord du comité d'éthique hospitalo-facultaire de Liège et a été réalisée en accord avec les recommandations de la déclaration d'Helsinki.

L'étude a donc été construite selon un design longitudinal prospectif. L'acquisition des mesures de forces a été réalisée à l'aide du dynamomètre manuel MicroFET 2 par une kinésithérapeute formée à cette manipulation, au niveau des quatre grands groupes musculaires de chaque hanche (fléchisseurs, extenseurs, abducteurs et adducteurs). La position dans laquelle le patient était installé pour l'acquisition des mesures était la suivante :

- Extenseurs : décubitus dorsal strict en bord de table. La hanche était amenée à 45° de flexion moyennant l'interposition d'une mousse rigide sous la cuisse. Cette procédure permettait également de supprimer l'effet de la pesanteur et d'amener les genoux du patient en bord de table avec possibilité de prise d'appui du coude de l'examineur lors de l'application du dynamomètre sur la face postérieure de la cuisse.

- Fléchisseurs : décubitus dorsal avec coussin dorsal qui donnait une inclinaison de 30° du tronc par rapport aux membres inférieurs. Le dynamomètre était placé au niveau de la face antérieure de la cuisse.
- Abducteurs : même position que pour les fléchisseurs, avec le dynamomètre placé au niveau de la face latérale de la cuisse.
- Adducteurs : même position que pour les fléchisseurs et les abducteurs, avec en outre un membre controlatéral placé à 30° d'abduction. Le dynamomètre était placé sur la face interne de la cuisse.

Les mesures ont été réalisées à deux reprises : la première acquisition était réalisée une semaine après l'admission du patient en centre de rééducation et la deuxième acquisition était réalisée 48h plus tard par la même kinésithérapeute, au même moment de la journée, dans le même environnement et selon le même protocole d'acquisition. Le protocole d'acquisition consistait dans un premier temps, pour chaque groupe musculaire, en une phase de familiarisation avec le dynamomètre par la réalisation d'une mesure « à blanc ». Cette phase de familiarisation permettait également de réaliser un petit échauffement, souhaité assez court pour éviter un effet de fatigue. Ensuite, trois mesures ont été réalisées, espacées de 30 secondes de repos. Durant chaque acquisition, le patient était fortement encouragé par la kinésithérapeute. La valeur maximale était retenue. Deux minutes de repos étaient observées entre chaque groupe musculaire testé. L'ordre dans lequel les quatre groupes musculaires étaient testés était randomisé mais était le même pour chaque patient entre les deux séances de mesures. La distance entre l'épine iliaque antérosupérieure et l'endroit d'application du dynamomètre sur la cuisse lors du test en flexion de hanche était consignée pour pouvoir être utilisée à nouveau lors du re-test, de façon reproductible. Une ligne était tracée tout autour de la cuisse du patient, à hauteur de ce point d'application. Cette ligne a été dénommée la « ligne périmétrique « repère » ». Cette ligne périmétrique « repère » était enregistrée pour chaque patient et servait de repère pour l'application du dynamomètre lors du test des quatre groupes musculaires. Elle était utilisée à nouveau pour la deuxième séance de mesures.

Résultats

Les statistiques descriptives de la population de l'étude sont reprises dans le Tableau 4.

Sexe : n (%)	Hommes : 39 (75 %) Femmes : 13 (25 %)
Niveau d'amputation : n (%)	BKA : 30 (57,7 %) AKA : 22 (42,3 %)
Age à l'amputation : moyenne en années (± écart-type)	64,0 (± 10,8)
Durée depuis l'amputation : moyenne en jours (± écart-type) ; médiane en jours	52,3 (± 69,8) ; 31,0

Tableau 4 : données démographiques.

Afin d'évaluer la fiabilité intra-observateur entre les différentes mesures de force et de moments de force, nous avons utilisé le logiciel JAMOVI 2.6.26 et avons calculé les coefficients de corrélation intra-classe ICC(2,1). Ceux-ci sont disponibles dans le Tableau 5 avec l'évaluation correspondante.

Groupe musculaire (hanche)	Côté	ICC (95% CI)	Interprétation
Flexion (N)	Amputé	0,884 [0,825-0,953]	Bonne
Flexion (N.m)	Amputé	0,914 [0,869-0,964]	Excellente
Flexion (N)	Contro-latéral	0,901 [0,850-0,956]	Excellente
Flexion (N.m)	Contro-latéral	0,921 [0,883-0,964]	Excellente
Extension (N)	Amputé	0,822 [0,748-0,911]	Bonne
Extension (N.m)	Amputé	0,889 [0,831-0,953]	Bonne
Extension (N)	Contro-latéral	0,778 [0,633-0,941]	Bonne
Extension (N.m)	Contro-latéral	0,852 [0,754-0,963]	Bonne
Abduction (N)	Amputé	0,812 [0,715-0,923]	Bonne
Abduction (N.m)	Amputé	0,885 [0,827-0,953]	Bonne
Abduction (N)	Contro-latéral	0,865 [0,795-0,946]	Bonne
Abduction (N.m)	Contro-latéral	0,917 [0,880-0,960]	Excellente
Adduction (N)	Amputé	0,820 [0,737-0,921]	Bonne
Adduction (N.m)	Amputé	0,892 [0,840-0,955]	Bonne
Adduction (N)	Contro-latéral	0,860 [0,796-0,937]	Bonne
Adduction (N.m)	Contro-latéral	0,913 [0,868-0,967]	Excellente

Tableau 5 : reproductibilité du test et interprétation correspondante.

Les analyses de Bland-Altman ont montré des valeurs de biais proches de zéro (allant de -0,94 [-1,97 – 0,09] à 0,36 [-0,68 – 1,39] avec des limites d'accord s'étalant de -12,24 à 12,39) pour l'ensemble des groupes musculaires, indiquant l'absence d'erreur systématique substantielle entre les mesures répétées.

La précision de nos mesures a été évaluée à l'aide de l'erreur standard de mesure (SEM), calculée via le logiciel Excel. Nous avons également évalué la sensibilité du MicroFET2 au changement via le calcul de la sensibilité au changement (MDC). Afin d'interpréter les résultats de la variabilité relative du SEM et du MDC, nous avons utilisé la grille suivante (Tableau 6) [117] :

Niveau de fiabilité	SEM (%)	MDC (%)
Excellente	SEM% ≤ 5%	≤15%
Bonne	5% < SEM% ≤ 10%	15% < MDC% ≤ 30%
Modérée	10% < SEM% ≤ 20%	30% < MDC% ≤ 60%
Faible	20% < SEM%	60% < MDC%

Tableau 6 : Interprétation du niveau de fiabilité.

L'interprétation clinique du SEM et du MDC est donnée dans le tableau 7.

Groupe musculaire (hanche)	Côté	SEM (%)	MDC (%)	Fiabilité
Flexion	Amputé	15,2	42,2	Modérée
Flexion	Contro-latéral	12,1	33,7	Modérée
Extension	Amputé	15,0	41,4	Modérée
Extension	Contro-latéral	13,5	37,4	Modérée

Abduction	Amputé	16,7	46,3	Modérée
Abduction	Contro-latéral	12,4	34,5	Modérée
Adduction	Amputé	16,4	45,6	Modérée
Adduction	Contro-latéral	13,9	38,4	Modérée

Tableau 7 : interprétation clinique du SEM et du MDC, pour les moments de force de chaque groupe musculaire de hanche.

Forces et limites

Cette étude constitue, à notre connaissance, la première à évaluer la reproductibilité des quatre principaux groupes musculaires de la hanche chez des patients amputés, à l'aide d'un dynamomètre manuel, et ce en conditions intersessions. Par ailleurs, la bonne à excellente reproductibilité observée pour plusieurs groupes musculaires soutient l'utilisation de cet outil. Cependant, certaines limites doivent être soulignées. L'absence d'évaluation de la reproductibilité inter-observateur ne permet pas de garantir la fiabilité des mesures entre différents examinateurs, ce qui limite la généralisation des résultats en pratique courante. De plus, l'absence de comparaison avec une méthode de référence, telle que l'isocinétisme, ne permet pas de valider la précision des mesures obtenues avec le dynamomètre manuel. Enfin, la variabilité relativement élevée des valeurs de MDC suggère une sensibilité limitée pour détecter de faibles changements, ce qui peut restreindre l'utilisation de l'outil dans le suivi de progrès subtils, tels que ceux rapportés dans certaines études d'entraînement musculaire [116,118]. Cette variabilité relativement élevée peut s'expliquer par les caractéristiques spécifiques de la population amputée, notamment les altérations du contrôle moteur, l'hétérogénéité fonctionnelle et la variabilité intersession. Malgré cela, l'excellente reproductibilité relative observée soutient l'utilisation du dynamomètre manuel pour l'évaluation clinique et la recherche, en particulier pour l'identification de différences importantes ou l'étude de facteurs pronostiques.

Conclusion

En conclusion, nous pouvons donc dire que, même si les valeurs de MDC sont modérées et que l'utilisation du dynamomètre pour le suivi individuel d'un patient amputé reste limitée, la bonne voire excellente reproductibilité du test de mesure de force par dynamomètre manuel légitimise son utilisation dans des études de comparaison de groupe.

VARIABLES INDEPENDANTES

Résumé

Les variables indépendantes que nous avons choisi d'inclure dans nos analyses relèvent de différents domaines : variables démographiques (âge, sexe, nombre d'enfants), variables sociales (fait de vivre seul ou en couple, statut professionnel, entourage soutenant ou non, logement adapté ou non), variables médicales (étiologie, niveau d'amputation, indice de pression systolique, taux d'hémoglobine glyquée, consommations tabagiques, consommation d'alcool, indice de Charlson, IMC, état thymique, état du moignon, état du membre contro-latéral, durée depuis l'amputation) et variables fonctionnelles (mobilité préalable, force de la hanche).

En ce qui concernait la force de la hanche, il n'y avait pas encore eu de validation d'outil de type dynamomètre manuel pour la population des patients amputés. L'utilisation du dynamomètre manuel a été validée chez le sujet sain, chez qui il a montré une bonne reproductibilité pour les quatre groupes musculaires de la hanche et une bonne fiabilité intra- et inter-observateur. Nous avons réalisé une étude prospective sur une cohorte de 52 patients nous permettant de démontrer également une bonne reproductibilité intra-observateur de l'utilisation du dynamomètre manuel chez les patients amputés de membre inférieur.

La force de hanche pourra donc bien être incluse dans notre panel de prédicteurs pour nos études de cohorte.

2) RÉSULTATS RÉÉDUCATIFS ÉTUDIÉS

2.1 Durée d'hospitalisation

La durée d'hospitalisation en rééducation suite à une amputation de membre inférieur semble influencée par différents facteurs, comme le niveau d'amputation (séjour plus long pour les patients amputés au niveau fémoral par opposition aux patients amputés au niveau tibial), le score de Functional Independence Measure (FIM) (un moins bon score FIM étant associé à un séjour plus long en hospitalisation), un antécédent de maladie psychiatrique ou de déficience cognitive, le fait de vivre seul à la sortie, l'incontinence vésicale ou intestinale ou encore le fait de vivre dans un environnement inaccessible [69,119].

Nous avons considéré une durée d'hospitalisation en jours en centre de réadaptation, en ce compris les week-ends même si aucune rééducation pluridisciplinaire n'est réalisée à ce moment-là. En effet, au sens économique, le patient est toujours assigné en hospitalisation avec occupation d'un lit. Par ailleurs, ce lit n'est pas disponible pour accueillir un nouveau patient et cela constitue donc une utilisation de ressources tant économique qu'architecturale.

2.2 Orientation à la sortie

Plusieurs facteurs ont pu montrer une association avec l'orientation à la sortie après le séjour en rééducation. La disponibilité d'un aidant, une plus faible charge en comorbidités et un plus jeune âge ont montré une association significative avec le fait de rentrer à la maison à la fin du séjour en rééducation plutôt que d'être orienté en maison de repos [96].

Nous avons donc classé nos patients en 2 catégories, selon qu'ils étaient orientés à domicile (avec ou sans encadrement) ou en maison de repos (ou résidence-service) après leur séjour en rééducation.

2.3 Mini-mental State Examination (MMSE)

Les difficultés cognitives sont plus fréquentes chez les patients amputés que dans la population générale, et sont négativement associées avec la mobilité, l'utilisation de la prothèse et le maintien de l'indépendance du patient amputé [120]. Le MMSE est largement utilisé dans l'évaluation cognitive du patient amputé [120], et nous avons décidé de l'inclure dans notre panel d'évaluation, également en fin de séjour en rééducation. Le MMSE est constitué de 11

questions dont les résultats s'additionnent pour un total de 30 points. La littérature montre des seuils variables entre les différentes catégories de résultats, dépendant de la population concernée [121,122]. L'atteinte cognitive est classiquement définie par un score inférieur à 24/30, mais, en fonction des populations étudiées, ce seuil a parfois été fixé dans certaines études à 27/30. Par ailleurs, le nombre de catégories dans lesquelles sont réparties les résultats est également variable (souvent de 2 à 3 catégories). En 1992 déjà, Tombaugh expliquait que le choix des critères pour fixer les seuils devait être contextuel [123].

Dans notre étude, afin d'obtenir des résultats plus précis, particulièrement en raison de l'importante variabilité du niveau éducatif de notre population de patients, nous avons choisi de séparer nos résultats en 4 catégories, avec les seuils suivants :

- Absence d'altération cognitive : score supérieur ou égal à 27
- Légère atteinte cognitive : score de 21 à 26
- Atteinte cognitive modérée : score de 11 à 20
- Atteinte cognitive sévère : score inférieur ou égal à 10

2.4 Fonctionnalité et mobilité

Berg Balance Scale

Afin d'étudier l'équilibre des patients amputés, la Berg Balance Scale (BBS) a été utilisée. Il s'agit d'une échelle comprenant 14 tâches notées de 0 à 4 pour évaluer l'équilibre statique et dynamique des adultes. Le score obtenu est donc situé entre 0 et 56 et les catégories suivantes sont proposées :

- 56 : risque négligeable de chute
- 41 à 56 : faible risque de chute
- 21 à 40 : risque moyen de chute
- 0 à 20 : risque élevé de chute

Cette échelle a montré sa validité et sa fiabilité pour l'utilisation chez les patients amputés de membre inférieur [124] ainsi qu'une corrélation limitée avec le risque de chute [125]. Une revue systématique de 2023 [126] confirme l'utilisation répandue et validée de la BBS chez les patients amputés. Nous avons donc réparti nos patients en fonction des 4 catégories proposées par la BBS. Cette évaluation a été réalisée en fin de séjour en hospitalisation de rééducation.

Timed Up and Go

Le TUG est un outil largement utilisé pour l'évaluation de la mobilité fonctionnelle et du risque de chute chez les patients amputés de membre inférieur. Il est demandé au patient de se lever de façon autonome à partir d'une chaise qui comporte des accoudoirs (il lui est permis d'utiliser ses mains), de marcher trois mètres en ligne droite, de faire demi-tour et de venir se rasseoir. La durée nécessaire au patient pour réaliser cet exercice est enregistrée et constitue le résultat. Une scoping review de 2023 encourage cependant à l'utilisation combinée d'outils de mesure cliniques et de paramètres de marche afin d'avoir une estimation plus précise du risque de chute [127].

Nous avons intégré le TUG dans notre panel d'évaluation, en traitant les résultats comme une variable continue, pour une meilleure précision clinique et une meilleure puissance statistique. L'évaluation par le TUG a également été réalisée juste avant la sortie d'hospitalisation du patient.

Profil fonctionnel

Nous avons ajouté dans notre évaluation plusieurs aspects fonctionnels traités de manière binaire, afin d'avoir une photographie fonctionnelle du patient au moment de sa sortie. Pour ces quatre observations, les patients étaient donc classés en deux catégories possibles :

- Autonomie aux transferts (avec ou sans appui fixe, mais sans l'aide d'une tierce personne), évaluée en fin de séjour: oui ou non
- Autonomie pour le chaussement de la prothèse, évaluée en fin de séjour : oui ou non
- Autonomie pour la montée et la descente des escaliers (avec ou sans aides techniques ou appui sur la rampe), évaluée en fin de séjour : oui ou non
- Utilisation d'aides techniques à la marche (cadre de marche à deux ou quatre roues, béquille(s), canne courte), évaluée en fin de séjour et six mois après la sortie d'hospitalisation : oui ou non

K-level

La classification en « K-level » [128] a été établie par le US Health Care Financing Administration (HCFA) et reprise par le Medicare en 1995 dans le cadre de la prescription des prothèses. Cette classification est utilisée pour décrire la mobilité et la fonctionnalité du patient amputé appareillé. Les patients avec le niveau de mobilité le plus faible sont catégorisés en « K0 », tandis que les patients avec le degré de mobilité le plus élevé sont classifiés en « K4 ».

RESULTATS REEDUCATIFS EVALUES

Résumé

Nous avons déterminé quatre types de résultats pour nos études de cohorte : la durée de séjour, l'orientation à la fin du séjour, l'état cognitif (MMSE) et la fonctionnalité et la mobilité du patient amputé (évaluée à l'aide de la BBS, du TUG, du K-level et de la capacité ou non à devenir autonome aux transferts, au chaussement de la prothèse, à la pratique des escaliers et aux déplacements sans aides techniques).

3) ETUDE RÉTROSPECTIVE DE COHORTE POUR IDENTIFICATION DE FACTEURS PRÉCOCES IMPACTANT L'ÉVOLUTION RÉADAPTATIVE DES PATIENTS AMPUTÉS TIBIAUX ET FÉMORAUX

Objectif n°1 : identifier, dans une étude de cohorte rétrospective, les facteurs pronostiques associés aux résultats fonctionnels, à l'orientation à la sortie et à la durée d'hospitalisation.

Pour cette étude rétrospective, tous les patients admis en hospitalisation au centre de rééducation du CNRF entre le 1^{er} janvier 2015 et le 31 décembre 2018 suite à une amputation majeure d'un membre inférieur ont été inclus. Les patients étaient inclus quel que soit leur âge et quelle que soit l'étiologie de l'amputation. Ils devaient, pour faire partie de l'étude, avoir subi une amputation majeure du membre inférieur (entre la cheville et la hanche), bilatérale ou unilatérale.

Les variables désirées qui étaient disponibles de façon rétrospective étaient l'âge, l'indice de Charlson, le niveau et l'étiologie de l'amputation, l'IMC, le sexe et le délai entre l'amputation et l'entrée au centre de rééducation.

Parmi les résultats sur lesquels nous souhaitons analyser l'impact de ces variables, seuls étaient disponibles la durée de séjour en hospitalisation, l'orientation à la sortie et le K-level. À noter cependant que ce n'était qu'à la fin du séjour en réadaptation que le K-level était disponible de façon systématique. En effet, les évaluations suivantes, réalisées au cours des consultations de suivi, avaient lieu à des moments non systématiques et non uniformisés entre les patients.

Les résultats de cette étude de cohorte rétrospective seront présentés dans cette section. Ils seront cependant discutés de manière plus approfondie de façon conjointe avec les résultats de l'étude de cohorte prospective.

3.1 Analyses statistiques

La normalité de la distribution des variables a été évaluée au moyen du test de Shapiro-Wilk. Étant donné que les données ne suivaient pas de distribution normale, nous les avons présentées sous forme de médianes et des intervalles interquartiles. Les variables catégorielles sont résumées en fréquences (n) et en proportions (%).

Pour les variables quantitatives, les comparaisons entre deux groupes indépendants ont été effectuées à l'aide du test de Wilcoxon. Pour les comparaisons impliquant plus de deux groupes, le test de Kruskal-Wallis a été utilisé. En cas de résultat significatif, des comparaisons post-hoc par paires ont été réalisées à l'aide du test de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner.

La relation entre des variables quantitatives continues a été évaluée au moyen du coefficient de corrélation de Spearman.

Les variables catégorielles ont été comparées au moyen du test du chi-carré.

Enfin, des analyses multivariées ont été effectuées afin d'identifier les prédicteurs de chaque résultat. Une régression logistique ordinale a été réalisée pour évaluer les prédicteurs du niveau d'activité des patients (K-level) et une régression logistique binaire a été utilisée pour évaluer les prédicteurs de la destination de sortie. Une régression linéaire a été réalisée pour évaluer la valeur prédictive des variables indépendantes sur la durée de séjour.

3.2 Résultats

132 patients ont été inclus dans l'étude rétrospective. Leurs caractéristiques démographiques sont présentées dans le tableau 8.

Variable	Médiane [P25-P75]	n(%)
Age (années)	66,0 [57,8-73,0]	
Indice de masse corporelle (kg/m ²)	23,3 [20,1-27,8]	
Sexe		
Homme		97 (73,5%)
Femme		35 (26,5%)
Indice de comorbidité de Charlson	3 [2-4]	
Etiologie de l'amputation		
Artéritiques diabétiques		53 (40,2%)
Artéritiques non diabétiques		48 (36,4%)
Traumatique		16 (12,1%)
Autres		15 (11,4%)
Niveau d'amputation		
BKA		65 (49,2%)

AKA		55 (41,7%)
BKA + BKA		10 (7,6%)
BKA + AKA		2 (1,5%)
Durée entre l'amputation et l'entrée en centre de rééducation (jours)	17 [12-31]	

Tableau 8 : Caractéristiques démographiques de la population étudiée.

Durée de séjour

Les variables qui ont montré une relation significative avec la durée de séjour étaient l'âge ($r = 0,289$, $p < 0,001$), l'indice de comorbidité de Charlson ($r = 0,252$, $p = 0,004$), le temps écoulé entre l'amputation et l'entrée en centre de rééducation ($r = -0,233$, $p = 0,007$) et l'étiologie ($p = 0,011$). Nous avons réalisé des analyses post-hoc pour voir entre quelles catégories d'étiologie se trouvaient les différences significatives. Les patients qui présentaient une amputation d'origine traumatique présentaient une durée de séjour plus courte que celle observée chez les patients artéritiques diabétiques ($p = 0,010$) et les patients artéritiques non diabétiques ($p = 0,008$).

Le modèle de régression linéaire a montré qu'un délai plus long entre l'amputation et l'entrée en réadaptation est associé à une diminution significative de la durée du séjour en réadaptation ($p = 0,028$).

Orientation à la sortie

L'âge ($p = 0,003$), l'indice de comorbidités de Charlson ($p = 0,042$) et l'étiologie de l'amputation ($p = 0,033$) ont montré une association significative avec l'orientation à la sortie.

Un modèle statistique a été établi à l'aide d'une régression logistique binaire en intégrant l'âge et l'indice de comorbidité de Charlson. En effet, l'intégration de l'étiologie d'amputation dans le modèle causait un phénomène de séparation parfaite, ce qui déstabilisait le modèle. Les résultats indiquent qu'un âge plus élevé est significativement associé à une probabilité accrue d'être orienté vers un établissement médico-social ($p = 0,005$). L'indice de Charlson montre également une association positive au seuil de significativité ($p = 0,050$), suggérant qu'une charge de comorbidités plus importante augmente la probabilité d'un transfert en institution.

K-level

L'âge ($p < 0,001$), l'indice de comorbidités de Charlson ($p = 0,044$) et l'étiologie ($p = 0,012$) étaient significativement associés au K-level. Des analyses post-hoc ont été réalisées pour comparer l'âge et l'indice de Charlson entre les différentes catégories de K-level.

Concernant l'âge, on retrouvait des différences significatives entre le K0 et le K3 ($p = 0,018$), le K1 et le K2 ($p = 0,013$), le K1 et le K3 ($p < 0,001$) et le K2 et le K3 ($p < 0,001$). Concernant l'indice de Charlson, des différences significatives ont été observées entre le K1 et le K2 ($p = 0,045$).

Une régression logistique ordinale a donc été réalisée afin d'évaluer l'influence de ces trois variables sur le K-level. L'analyse a montré que l'âge est un prédicteur négatif significatif du K-level ($p < 0,001$), indiquant qu'un âge plus avancé est associé à un niveau fonctionnel plus faible. L'indice de Charlson est également significativement associé à un K-level plus bas ($p = 0,033$). Concernant l'étiologie de l'amputation, seule l'étiologie traumatique est significativement associée à un K-level plus élevé que celui des patients amputés dans un contexte artéritique diabétique ($p = 0,025$).

ETUDE RETROSPECTIVE

Résumé

Nous avons réalisé notre étude rétrospective de cohorte en intégrant l'âge, l'indice de Charlson, le délai entre l'amputation et l'entrée en rééducation, le niveau d'amputation, l'étiologie et l'IMC comme variables indépendantes. Les résultats disponibles étaient la durée de séjour, l'orientation à la sortie et le K-level atteint en fin de rééducation.

Un âge plus jeune, un meilleur indice de Charlson et une étiologie traumatique plutôt que vasculaire ont montré une capacité prédictive d'un meilleur niveau fonctionnel en fin de rééducation. L'âge plus jeune et un indice de Charlson plus faible sont également des facteurs prédictifs d'un retour au domicile après le séjour en rééducation. Un intervalle plus long entre l'amputation et l'admission en réadaptation était prédictif d'un séjour plus court en rééducation.

4) ETUDE PROSPECTIVE DE COHORTE POUR IDENTIFICATION DE FACTEURS PRÉCOCES IMPACTANT L'ÉVOLUTION RÉADAPTATIVE DES PATIENTS AMPUTÉS TIBIAUX ET FÉMORAUX

Objectif n°2 : identifier, dans une étude de cohorte prospective, les facteurs pronostiques associés aux résultats fonctionnels, cognitifs, à l'orientation à la sortie et à la durée d'hospitalisation.

L'étude prospective de cohorte a été réalisée au CHU-CNRF. Les patients ont été inclus de façon consécutive au moment de leur admission en hospitalisation au centre de rééducation, durant la période s'étalant du 1^{er} juin 2018 au 31 janvier 2023. Les patients inclus devaient avoir subi une amputation majeure (définie comme une amputation située proximale à la cheville et distale à la hanche) et être majeurs.

Pendant cette période d'inclusion, 107 patients ont été admis. Parmi eux, deux ont décliné l'invitation à participer à l'étude et deux autres ont été rapidement transférés aux urgences et ne sont pas revenus (perdus de vue). 103 patients ont donc été inclus dans l'étude. Les caractéristiques démographiques de la population étudiée sont données dans le tableau 9.

Variable	n	Moyenne ± SD	Médiane [P25-P75]	N (%)
Age (années)	103	65,4 ± 12,4	66 [58,5-73,0]	
Sexe	103			
Hommes				79 (76,7)
Femmes				24 (23,3)
Délai depuis l'amputation (jours)		30,7 ± 46,4	18 [13,5-30,5]	
Niveau d'amputation	103			
BKA				55 (53,4)
AKA				41 (39,8)
BKA + AKA				3 (2,9)
BKA + BKA				3 (2,9)
AKA + AKA				1 (1,0)
Étiologie d'amputation	103			
Artéritique diabétique				45 (43,7)
Artéritique non diabétique				36 (35,0)
Traumatique				11 (10,7)
Infectieuse				7 (6,8)
Oncologique				4 (3,9)

Nombre d'enfants	103	1,91 ± 1,49	2 [1,00-3,00]	
Indice de comorbidité de Charlson	103	3,54 ± 2,38	3 [2-5]	
IMC (kg/m ²)	103	24,7 ± 6,10	24,6 [21-28,3]	
Taux d'hémoglobine glyquée ≤7% >7%	46			39 (84,8) 7 (15,2)
Tabagisme Fumeurs Non fumeurs	99			42 (42,4) 57 (57,6)
Consommation quotidienne d'alcool Consommateurs quotidiens Pas de consommation régulière	98			41 (41,8) 57 (58,2)
Statut marital Vivant seul Vivant avec un partenaire	103			50 (48,5) 53 (51,5)
IPS ≤ 0.9 > 0.9 et ≤1.3 > 1.3	50			13 (21,7) 27 (45) 20 (33,3)
Statut professionnel Professionnellement actif Professionnellement inactif Retraité	103			10 (9,7) 32 (31,1) 61 (59,2)
Entourage soutenant Oui Non	103			98 (95,1) 5 (4,9)
Etat thymique Bon Mauvais	99			78 (78,8) 21 (21,2)
Etat du membre controlatéral Sans particularité Problème aigu Problème chronique	96			60 (62,5) 23 (24,0) 13 (13,5)
Etat du moignon Pas de problème Problème local Problème global	103			79 (76,7) 13 (12,6) 11 (10,7)

Adaptabilité du domicile Domicile adapté/adaptable Non	103			74 (71,8) 29 (28,2)
Autonomie antérieure Autonomie Limitations	103			53 (51,5) 50 (48,5)
Force de flexion de hanche (N)	50	29,9 ± 14,4	30,6 [18-40,7]	
Force d'extension de hanche (N)	50	22,6 ± 7,2	22,1 [17,1-27,2]	
Force d'abduction de hanche (N)	50	19,4 ± 8,0	18,6 [13,2-25,6]	
Durée de séjour (jours)	103	78,6 ± 38,9	68 [54-93]	
Orientation à la sortie Domicile Maison de repos				88 (85,4) 15 (14,6)
BBS 56 : risque négligeable de chute 41 à 56 : faible risque de chute 21 à 40 : risque moyen de chute 0 à 20 : risque élevé de chute	65			1 (1,5) 34 (52,3) 26 (40,0) 4 (6,2)
MMSE Absence d'altération cognitive : ≥27 Légère atteinte cognitive : 21-26 Atteinte cognitive modérée : 11-20 Atteinte cognitive sévère : ≤10	64			47 (73,4) 15 (23,4) 2 (3,1) 0 (0)
Autonomie aux transferts Oui Non	102			92 (90,2) 10 (9,8)
Autonomie au chaussage Oui Non	96			88 (91,7) 8 (8,3)
Autonomie aux escaliers Oui Non	103			77 (74,8) 26 (25,2)
Utilisation d'aides techniques à la marche à la sortie Oui Non	95			59 (62,1) 36 (37,9)
Utilisation d'aides techniques à la marche six mois après la sortie Oui Non	89			50 (56,2) 39 (43,8)

K-level	98			
0				8 (8,2)
1				20 (20,4)
2				41 (41,8)
3				25 (25,5)
4				4 (4,1)

Tableau 9 : Caractéristiques sociodémographiques et médicales de la population étudiée.

4.1 Analyses statistiques

Les variables continues ont été testées pour leur normalité à l'aide du test de Shapiro–Wilk. Les valeurs aberrantes ont été recherchées par la méthode de l'IQR (interquartile range).

Pour les variables continues normalement distribuées, les comparaisons entre plus de deux groupes ont été réalisées à l'aide d'une ANOVA paramétrique. En cas d'homogénéité des variances, l'ANOVA classique (F de Fisher) a été utilisée, avec un post-hoc de Tukey. En présence de variances inégales, une ANOVA de Welch a été réalisée.

Pour la comparaison de variables normalement distribuées et réparties en deux catégories, c'est le test t de Student qui était utilisé en cas d'homogénéité des variances (étudiée par un test de Levene) et le test de Welch en cas de variances inégales.

Pour la comparaison de variables continues non normales entre plusieurs catégories, le test de Kruskal–Wallis (analyse de variance non paramétrique) a été utilisé, suivi du test post-hoc de Dwass–Steel–Critchlow–Fligner. Lorsqu'il n'y avait que deux catégories, le test de Mann–Whitney a été appliqué.

Les associations entre variables catégorielles ont été évaluées à l'aide du test du chi-carré (χ^2). Lorsque les conditions d'application du χ^2 n'étaient pas remplies (effectif attendu < 1 dans une cellule, ou > 20 % des effectifs attendus < 5), le test exact de Fisher a été employé. Les analyses post-hoc réalisées après un χ^2 ont reposé sur l'examen des résidus standardisés ajustés.

Des régressions linéaires multiples ont ensuite été réalisées pour les résultats rééducatifs de type continu, et des régressions logistiques multiples ont été réalisées pour les résultats rééducatifs de type catégoriel. Pour les régressions linéaires, le R^2 ajusté a été utilisé afin d'évaluer la proportion de variance expliquée par le modèle tout en tenant compte du nombre de variables indépendantes incluses. Pour les régressions logistiques, le pseudo- R^2 de Nagelkerke a été utilisé pour expliquer la proportion de variance expliquée par le modèle.

Nous avons ainsi construit un modèle multivarié pour chaque résultat, en intégrant dans chaque modèle les variables indépendantes qui avaient montré une association significative ($p < 0,05$) avec le résultat concerné lors des analyses univariées. Le seuil de significativité a été fixé à $p < 0,05$ pour l'ensemble des analyses.

4.2 Résultats

Les relations entre les variables indépendantes et les différents résultats étudiés (variables dépendantes : durée d'hospitalisation, orientation à la sortie, BBS, MMSE, TUG, autonomie pour les transferts, autonomie pour le chaussement de la prothèse, autonomie pour les escaliers, utilisation d'aides techniques à la sortie, utilisation d'aides techniques six mois après la sortie, K-Level six mois après la sortie) sont présentées dans le tableau 10.

Variable	Durée d'hospitalisation	Orientation à la sortie	BBS	MMSE	TUG	Autonomie pour les transferts	Autonomie pour le chaussement de la prothèse	Autonomie pour les escaliers	Utilisation d'aides techniques à la sortie	Utilisation d'aides techniques 6 mois après la sortie	K-Level 6 mois après la sortie
Variabiles quantitatives	r	U/t	F/H	F/H	r	χ^2 /Fisher	χ^2	χ^2	χ^2	χ^2	χ^2
Durée depuis l'amputation (jours)	0.11	23 (MR) 17 (domicile)	* 17 (FR) 20.5 (MR) 12 (HR)	18 (≥ 27) 16 (21-26) 19.5 (11-20)	0.24	Oui: 17.5 Non: 20.5	Oui: 17.5 Non: 18	Oui: 19 Non: 15.5	Oui: 19 Non: 16.5	Oui : 17 Non : 17	* 0 : 23.5 1 : 16.5 2 : 19 3 : 15 4 : 8.5
Indice de comorbidité de Charlson	0.15	* 5 (MR) 3 (domicile)	3 (FR) 4 (MR) 2 (HR)	3 (≥ 27) 3 (21-26) 2 (11-20)	-0.1	Oui: 3 Non: 4	Oui: 3 Non: 3.5	Oui: 3 Non: 5	Oui: 4 Non: 3	Oui : 4 Non : 3	** 0 : 4 1 : 4.5 2 : 4 3 : 2 4 : 3
IMC (kg/m ²)	-0.01	** 19.2 (MR) 25 (domicile)	25 (FR) 24.5 (MR) 29.4 (HR)	25 (≥ 27) 23 (21-26) 27.3 (11-20)	0.02	Oui: 24 Non: 26.1	Oui: 24.3 Non: 26.1	Oui: 24 Non: 25.3	Oui: 23 Non: 24.8	Oui : 26 Non : 24.6	0 : 21 1 : 26 2 : 25.6 3 : 23.5

											4 : 26.5
Force de hanche en flexion (N)	-0.26	23.2 (MR) 30.6 (domicile)	32.4 (FR) 25.9 (MR) 17.8 (HR)	29 (≥27) 25.9 (21-26) /	-0.36	Oui: 30.91 Non: 23.50	Oui: 31.37 Non: 24.38	Oui: 31.60 Non: 23.04	Oui: 29.7 Non: 32.6	Oui : 31.02 Non : 32.11	0 : 15.2 1 : 28.4 2 : 32.1 3 : 30.2 4 : 38.3
Force de hanche en extension (N)	-0.27	** 13.8 (MR) 23.5 (domicile)	23.1 (FR) 22.3 (MR) 9 (HR)	23.1 (≥27) 18.4 (21-26) /	* -0.49	Oui: 23.26 Non: 17.38	Oui: 23.40 Non: 19.50	** Oui: 24 Non: 16.76	Oui: 21.81 Non: 25.15	Oui : 22.07 Non : 25.41	** 0 : 15 1 : 18.1 2 : 24.1 3 : 23 4 : 31.8
Force de hanche en abduction (N)	** -0.40	13.5 (MR) 20.1 (domicile)	20.7 (FR) 17.6 (MR) 8.7 (HR)	19.1 (≥27) 17.5 (21-26) /	** -0.51	Oui: 20.27 Non: 13.92	Oui: 20.72 Non: 13.38	* Oui: 20.84 Non: 13.76	* Oui: 18.11 Non: 22.87	Oui : 19.85 Non : 21.38	* 0 : 10.2 1 : 16 2 : 20.5 3 : 21.3 4 : 26.6
Variables nominales	Jours	%	%	%	Secondes	%	%	%	%	%	%
Sexe	U				**						
Homme	68	15,2 MR	53 FR 39,2 MR	75,5≥27	24	Oui: 91	Oui: 91,9	Oui: 75,9	Oui: 56,8	Oui : 54,4	K2 : 41,9

Femme	68,5	12,5 MR	50 FR 43 MR	66,7≥27	40	Oui: 87,5	Oui: 90,9	Oui: 70,8	Oui: 81	Oui : 61,9	K2 : 41,7
Age	*	*	**	*	*		**	*		*	*
≤60 ans	57	3,2 MR	82 FR 13,6 MR	90 ≥27	20	Oui: 96,8	Oui: 100	Oui: 90,3	Oui: 50	Oui : 35,7	K3 : 50,0
>60–70 ans	78	11,4 MR	48 FR 52 MR	73,9≥27	31,5	Oui: 94,3	Oui: 97,1	Oui: 80	Oui: 64,7	Oui : 59,4	K2 : 51,5
>70–80 ans	72	22,2 MR	21,4 FR 57,1 MR	53,3≥27	42	Oui: 80,8	Oui: 79,2	Oui: 59,3	Oui: 69,6	Oui : 66,7	K2 : 44,0
>80 ans	76	40 MR	25 FR 50 MR	66,7≥27	36,5	Oui: 80	Oui: 75	Oui: 50	Oui: 75	Oui : 87,5	K1 : 40,0
Niveau d'amputation		*	**	**	**				**		
BKA	73	10,9 MR	65 FR 32,4 MR	87,9≥27	21,5	Oui: 92,7	Oui: 94,2	Oui: 81,8	Oui: 46,2	Oui: 48	K2:39,6
AKA	66	14,6 MR	35,7 FR 50 MR	58,1≥27	48	Oui: 87,5	Oui: 86,8	Oui: 68,3	Oui: 81,1	Oui: 70,6	K2:41,0
BKA + AKA	128	0 MR	/	/	27	Oui: 100	Oui: 100	Oui: 33,3	Oui: 66,7	Oui: 66,7	K2: 100
BKA + BKA	84	100 MR	/	/	37,5	Oui: 66,7	Oui: 100	Oui: 66,7	Oui: 100	Oui: 0	K2: 50,0
AKA + AKA	102	0 MR	/	/	91	Oui: 100	Oui: 100	Oui: 100	Oui: 100	Oui: 0	K3: 100
Etiologie	*		**	*							
Artéritique diabétique	82	11,1 MR	46,7 FR 50 MR	90≥27	28	Oui: 88,9	Oui: 95,3	Oui: 77,8	Oui: 62,8	Oui: 58,5	K2: 44,2
Artéritique non- diabétique	65,5	22,2 MR	59,1 FR 41 MR	54,2≥27	25,5	Oui: 91,4	Oui: 90,6	Oui: 66,7	Oui: 71,9	Oui: 71,4	K3: 45,5
Traumatique	66	0 MR	71,4 FR 14,3 MR	100≥27	35	Oui: 100	Oui: 100	Oui: 100	Oui: 36,4	Oui: 27,3	K2: 44,1
Infection	66	14,3 MR	33,3 FR 16,7MR	50≥27	38	Oui: 71,4	Oui: 57,1	Oui: 57,1	Oui: 50	Oui: 33,3	K3: 66,7
Oncologique	49	25 MR	/	/	39	Oui: 100	Oui: 100	Oui: 75	Oui: 66,7	Oui: 33,3	K2: 50,0
Nombre d'enfants											
0	81,5	22,2 MR	58,3 FR 41,7 MR	91,7≥27	42	Oui: 88,9	Oui: 94,1	Oui: 66,7	Oui: 58,8	Oui : 40	K3 : 38,9
1-2	69	14 MR	44,1 FR 41,2 MR	73,5≥27	32	Oui: 91,1	Oui: 92,5	Oui:73,7	Oui: 67,3	Oui : 56	K3 : 35,8
≥ 3	62	10,7 MR	63,2 FR 36,8 MR	61,1≥27	24	Oui: 89,3	Oui: 88,5	Oui: 82,1	Oui: 53,8	Oui : 66,7	K2 : 63,0

Taux d'HbA1c											
≤7	85	15,4 MR	46,2 FR	81,5≥27	28	Oui: 89,9	Oui: 92,3	Oui: 74,4	Oui: 65,8	Oui : 59,5	K2 : 39,5
>7	58	14,3 MR	46,2 MR 50 FR 50 MR	100≥27	21,5	Oui: 71,4	Oui: 100	Oui: 71,4	Oui: 40	Oui : 60	K2 : 50,0
Tabac				**		*		*			
Fumeur	64,5	14,3 MR	50 FR 46,7 MR	61,3≥27	29	Oui: 97,6	Oui: 97,6	Oui: 85,7	Oui: 63,4	Oui : 56,8	K2 : 52,5
Non fumeur	75	15,8 MR	57,6 FR 30,3 MR	83,9≥27	28	Oui: 83,9	Oui: 86,3	Oui: 64,9	Oui: 58	Oui : 54,2	K2 : 37,0
Consommation quotidienne d'alcool											
Oui	75	22 MR	48,1 FR 48,1 MR	82,1≥27	25	Oui: 92,5	Oui: 89,5	Oui: 70,7	Oui: 65,8	Oui: 54,5	K2: 43,6
Non	65	10,5 MR	58,3 FR 30,6 MR	66,7≥27	32	Oui: 87,7	Oui:92,5	Oui: 75,4	Oui: 55,8	Oui: 54,9	K2: 44,4
Statut marital											
Vivre seul	78	20 MR	53,1 FR 43,8 MR	84,4≥27	30	Oui: 88	Oui: 91,7	Oui: 78	Oui: 64,6	Oui: 52,5	K2: 44,2
Vivre avec un partenaire	66	9,4 MR	51,5 FR 36,4 MR	62,5≥27	26,5	Oui: 92,3	Oui: 91,7	Oui: 71,7	Oui: 59,6	Oui: 59,2	K2: 39,1
Index bras-cheville				*							
≤ 0,9	73	7,7 MR	66,7 FR 33,3 MR	50≥27	25	Oui: 92,3	Oui: 100	Oui: 84,6	Oui: 63,6	Oui : 66,7	K2 : 70,0
> 0,9 and < 1,4	69	18,2 MR	54,2 FR 37,5 MR	86,4≥27	24	Oui: 90,9	Oui: 87,5	Oui: 78,8	Oui: 61,3	Oui : 51,7	K2 : 33,3
≥ 1,4	81	21,4 MR	50 FR 50 MR	80≥27	30,5	Oui: 100	Oui: 100	Oui: 78,6	Oui: 61,5	Oui : 50	K2 : 35,7
Activités professionnelles			**					*		**	**
Actif	54,5	0 MR	75 FR 12,5 MR	100≥27	23	Oui: 100	Oui: 100	Oui: 100	Oui: 30	Oui : 10	K3 : 50,0
Inactif	63	9,4 MR	77,3FR 18,2 MR	81,8≥27	24	Oui: 93,8	Oui: 96,8	Oui: 84,4	Oui: 60	Oui : 50	K2 : 46,7
Retraité	75	19,7 MR	31,4 FR 60 MR	63,9≥27	37,5	Oui: 86,7	Oui: 87,3	Oui: 65,6	Oui: 69,1	Oui : 68,6	K2 : 43,1
Entourage soutenant											
Oui	67,5	14,3 MR	50 FR 41,7 MR	72,9≥27	30	Oui: 89,7	Oui: 91,2	Oui: 74,5	Oui: 36,3	Oui : 58,1	K2 : 43,0

Non	81	20 MR	80 FR 20 MR	80≥27	20	Oui: 100	Oui: 100	Oui: 80	Oui: 40	Oui : 0	K3 : 40,0
Etat thymique											
Bon	66	11,5 MR	52,9 FR 37,3 MR	69,4≥27	27	Oui: 89,7	Oui: 90,3	Oui: 74,4	Oui: 59,2	Oui : 55,1	K2 : 48,0
Fragile	87	23,8 MR	46,2 FR 53,8 MR	92,9≥27	31	Oui: 95	Oui: 95	Oui: 81	Oui: 70	Oui : 58,8	K3 : 35,0
Etat du membre contro-latéral					**				*		
Sans particularité	66,5	13,3 MR	38,5 FR 51,3 MR	73,2≥27	32	Oui: 93,2	Oui: 89,5	Oui: 76,7	Oui: 69,6	Oui : 56	K2 : 39,3
Problème aigu	64	13 MR	70,6 FR 23,5 MR	68,8≥27	24	Oui: 87	Oui: 95,2	Oui: 78,3	Oui: 52,4	Oui : 61,9	K2 : 52,2
Problème chronique	75	7,7 MR	77,8 FR 22,2 MR	85,7≥27	18	Oui: 84,6	Oui: 91,7	Oui: 69,2	Oui: 33,3	Oui : 53,8	K3 : 30,8
Etat du moignon	*										
Pas de complication	66	13,9 MR	38,5 FR 51,3 MR	72≥27	30	Oui: 91	Oui: 90,7	Oui: 75,9	Oui: 64	Oui : 56,3	K2 : 40,8
Problème local	72	7,7 MR	70,6 FR 23,5 MR	83,3≥27	27	Oui: 84,6	Oui: 100	Oui: 69,2	Oui: 63,6	Oui : 45,5	K2 : 38,5
Problème fonctionnel	99	27,3 MR	77,8 FR 22,2 MR	75≥27	20	Oui: 90,9	Oui: 90	Oui: 72,7	Oui: 44,4	Oui : 71,4	K2 : 55,6
Adaptabilité du domicile											
Oui	66	10,8 MR	53,3 FR 40 MR	67,4≥27	28	Oui: 90,4	Oui: 91,2	Oui: 75,7	Oui: 60,3	Oui: 58,5	K2: 45,1
Non	71	24,1 MR	50 FR 40 MR	85,7≥27	33	Oui: 89,7	Oui: 92,9	Oui: 72,4	Oui: 66,7	Oui: 50	K2: 33,3
Autonomie antérieure						*		**	*	**	
Oui	67	11,3 MR	57,9 FR 34,2 MR	82,9≥27	27	Oui: 96,2	Oui: 94,2	Oui: 88,7	Oui: 51	Oui: 40,4	K2: 38,0
Non	71,5	18 MR	44,4 FR 48,1 MR	62,1≥27	33	Oui: 83,7	Oui: 88,6	Oui: 60	Oui: 75	Oui: 73,8	K2: 45,8

* : p-valeur <0.05

** : p-valeur <0.01

FR : faible risque de chute ; HR : haut risque de chute ; MR : risque modéré de chute ; TUG : Timed Up and Go ; BBS : Berg Balance Scale ; MMSE : Mini-mental State Examination ; MR : maison de repos (et de soins)

Concernant le K-level, par souci de lisibilité dans le tableau, seule la valeur de pourcentage pour le K le plus représenté (pourcentage le plus élevé) a été reprise

Tableau 10 : Associations entre les caractéristiques des patients (variables indépendantes) et les résultats rééducatifs.

Longueur de séjour

Lors des analyses univariées (Tableau 10), nous avons pu montrer qu'une plus longue durée de séjour en hospitalisation était significativement associée à une force d'abduction plus faible de la hanche ($p = 0,004$), à la catégorie d'âge située entre 60 et 70 ans par rapport à la catégorie d'âge ≤ 60 ans ($p = 0,042$), à l'étiologie avec une tendance à un séjour plus long pour les patients arthritiques diabétiques ($p = 0,043$) et à un état du moignon qui présentait un problème général ou fonctionnel par rapport aux moignons qui étaient sans particularité ($p = 0,013$). Nous avons établi un modèle de régression linéaire multiple en intégrant ces variables. Le modèle obtenu (tableau 11) était significatif ($p = 0,005$) et expliquait 30,8 % de la variance (R^2 ajusté de 0,308) de la longueur d'hospitalisation après correction pour le nombre de variables. Après régression linéaire multiple, l'étiologie traumatique a montré une prédiction significative d'une plus grande longueur de séjour ($p = 0,028$).

Prédicteur	Estimation (β) [IC 95 %]	p-valeur
Ordonnée à l'origine	70,4 [31,9–108,8]	
Force d'abduction de hanche (N)	-1,13 [-2,47-0,21]	0,095
Age		
61-70 ans >> ≤ 60 ans	15,2 [-12,5-42,9]	0,274
71-80 ans >> ≤ 60 ans	24,3 [-3,60-52,2]	0,086
>80 ans >> ≤ 60 ans	12,8 [-33,0-58,5]	0,576
Etat du moignon		
Problème local >> pas de problème	38,4 [2,72-74,1]	0,036
Problème global, fonctionnel >> pas de problème	29,9 [-1,16-61,0]	0,059
Etiologie		
Traumatique >> arthritique non diabétique	43,2 [4,93-81,4]	0,028
Arthritique diabétique >> arthritique non diabétique	19,0 [-5,33-43,4]	0,122
Infection >> arthritique non diabétique	-17,9 [-55,7-19,9]	0,345
Oncologique >> arthritique non diabétique	-21,8 [-68,6-25,0]	0,352

Tableau 11 : Modèle de régression pour la durée de séjour.

La présence d'un problème local du moignon a également montré une influence significative sur la longueur de séjour ($p = 0,036$). Un moignon qui présentait un problème plus global et fonctionnel a en revanche montré uniquement une tendance à l'augmentation de la durée de séjour, mais sans significativité ($p = 0,059$). L'âge, la force d'abduction et les autres étiologies que l'étiologie traumatique n'ont pas montré de capacité prédictive sur la longueur de l'hospitalisation.

Orientation à la sortie

Les analyses univariées (Tableau 10) ont mis en évidence des relations significatives entre l'orientation au domicile à la sortie d'une part et le niveau d'amputation ($p = 0,011$) avec une proportion plus importante de patients amputés en fémoral orientés en maison de repos que la proportion de patients amputés tibiaux qui y étaient orientés, l'âge ($p = 0,018$) avec une augmentation avec l'âge de la proportion de patients orientés en maison de repos, une force d'extension de la hanche plus élevée ($p = 0,003$), un IMC plus important ($p = 0,007$) et un indice de Charlson plus faible ($p = 0,038$).

Lors de la régression logistique visant à prédire l'orientation à la sortie, la variable « force d'extension » a entraîné un problème d'ajustement singulier, empêchant l'estimation des coefficients du modèle complet. Cela suggère que cette variable prédit quasi parfaitement la destination à la sortie (domicile vs institution), rendant le modèle instable. Le modèle final a donc été estimé sans cette variable, ce qui a permis une convergence correcte des coefficients. Bien que non incluse dans le modèle final en raison d'une séparation parfaite, la force d'extension semble jouer un rôle déterminant dans l'orientation à la sortie. Le modèle final (donc sans la force d'extension de hanche : Tableau 12) était significatif ($p = 0,001$), en tenant compte de l'orientation à domicile comme référence par rapport à l'orientation en institution. Les tendances les plus marquées concernaient l'indice de Charlson ($p = 0,066$) et le BMI ($p = 0,093$), mais sans atteindre le seuil de significativité. Le modèle expliquait 41% de la variance (R^2 de Nagelkerke de 0,409).

Un modèle a par ailleurs également été réalisé en régression logistique, en intégrant uniquement la force d'extension de hanche. Le modèle s'est révélé hautement significatif ($p < 0,001$), et a montré que l'extension de la hanche expliquait à elle seule 47% de la variance de la destination de sortie (R^2 de Nagelkerke de 0,470). Les patients avec une meilleure force d'extension à l'admission sont significativement plus susceptibles de retourner au domicile ($p = 0,020$; OR = 0,644 [IC95 % : 0,45-0,93]) et ont donc 36 % de chances en moins que les autres d'être orientés en maison de repos.

Prédicteur	OR [IC 95 %]	p-valeur
Ordonnée à l'origine	0,10 [0,002-4,42]	
Niveau d'amputation		
AKA >< BKA	1,97 [0,46-8,44]	0,362
AKA + AKA >< BKA	6,85 ^{e-7} [0,00-+ ∞]	0,998
BKA + BKA >< BKA	5,32 ^{e+8} [0,00-+ ∞]	0,995
BKA + AKA >< BKA	1,20 ^{e-7} [0,00-+ ∞]	0,997
Age		
61-70 ans >< ≤ 60 ans	2,24 [0,20-25,2]	0,512
71-80 ans >< ≤ 60 ans	5,16 [0,52-50,8]	0,160
>80 ans >< ≤ 60 ans	5,45 [0,42-70,7]	0,195

BMI	0,91 [0,81-1,02]	0,093
Indice de Charlson	1,37 [0,98-1,91]	0,066

Tableau 12 : Modèle de régression pour l'orientation à la sortie.

Berg Balance Scale

Les analyses univariées (Tableau 10) ont retrouvé des relations significatives entre un plus haut risque de chute évalué à la BBS et le statut professionnel préalable ($p < 0,001$) avec une plus grande proportion de patients retraités qui se retrouvaient dans la catégorie de risque modéré de chute plutôt que dans la catégorie avec faible risque de chute, l'étiologie ($p = 0,008$) avec une plus grande proportion de patients amputés pour des raisons traumatiques dans la catégorie avec faible risque de chute par rapport aux autres étiologies, l'âge ($p < 0,001$) avec une plus grande proportion de patients jeunes dans la catégorie de faible risque de chute, le niveau d'amputation ($p = 0,008$) avec une plus grande proportion de patients amputés au niveau tibial que de patients amputé au niveau fémoral dans la catégorie de faible risque de chute, et la durée depuis l'amputation ($p = 0,026$) avec une tendance à présenter un plus long délai entre l'amputation et l'entrée en centre de réadaptation dans la catégorie de risque moyen de chute par rapport au haut risque de chute.

Nous avons donc établi un modèle sur base d'une régression logistique (Tableau 13), en intégrant ces variables. Nous avons dichotomisé les résultats à la BBS, dans un souci d'applicabilité clinique et statistique. Nous avons regroupé d'un côté les patients avec un risque faible ou absent de chute (groupe de référence dans notre régression logistique), et de l'autre côté les patients avec un risque modéré ou élevé de chute. Le modèle obtenu était significatif ($p < 0,001$) et montrait un bon pouvoir explicatif avec une explication de la variance du score à la BBS de 53 % (R^2 de Nagelkerke de 0,530).

Parmi les variables incluses, seul le niveau d'amputation s'est révélé être un facteur prédictif significatif ($p = 0,010$). Comparativement aux amputés trans-tibiaux, les amputés trans-fémoraux avaient 10 fois plus de chance d'obtenir un score à la BBS indiquant un risque de chute modéré à élevé ($p = 0,010$; OR = 10,2 [IC95 % :1,75-59,8]).

Prédicteur	OR [IC 95 %]	p-valeur
Ordonnée à l'origine	0,01 [2,69^e-4-0,37]	
Activités professionnelles préalables		
Professionnellement inactif >< professionnellement actif	1,66 [0,09-31,7]	0,738
Retraité >< professionnellement actif	3,39 [0,22-52,7]	0,382
Etiologie		
Traumatique >< artéritique non diabétique	0,74 [0,04-12,7]	0,836
Artéritique diabétique >< artéritique non diabétique	5,33 [0,81-35,1]	0,082

Infection >< artéritique non diabétique	1,59 [0,12-21,6]	0,726
Oncologie >< artéritique non diabétique	.	.
Age		
61-70 ans >< ≤ 60 ans	3,44 [0,28-42,7]	0,336
71-80 ans >< ≤ 60 ans	11,7 [0,60-228]	0,105
>80 ans >< ≤ 60 ans	20,7 [0,39-1099]	0,135
Niveau d'amputation		
AKA >< BKA	10,2 [1,75-59,8]	0,010
AKA + AKA >< BKA	.	.
BKA + BKA >< BKA	.	.
BKA + AKA >< BKA	.	.
Délai avant hospitalisation (jours)	1,02 [0,99-1,04]	0,251

Tableau 13 : Modèle de régression pour le Berg Balance Scale.

MMSE

Les analyses univariées (Tableau 10) ont montré une association significative entre le score au MMSE en fin d'hospitalisation et le tabagisme ($p = 0,009$) qui semblait associé à un moins bon score au MMSE, le niveau d'amputation ($p = 0,009$) avec les patients amputés au niveau tibial qui montraient une tendance à un meilleur score au MMSE que les amputés au niveau fémoral, l'étiologie de l'amputation ($p = 0,011$) avec les patients amputés pour des raisons artéritiques diabétiques ou traumatiques qui montraient une tendance à un meilleur score au MMSE que les patients amputés dans un contexte artéritique non diabétique ou infectieux et l'indice de pression systolique ($p = 0,049$) avec une tendance, pour les patients qui présentaient un IPS ≤ 9 , à obtenir un moins bon score au MMSE que les autres. La catégorie d'étiologie « oncologique » n'a pas été incluse dans le modèle de régression logistique, en raison de l'absence de valeurs valides de MMSE dans ce sous-groupe. Le modèle s'est révélé significatif ($p = 0,004$) et expliquait environ 60% de la variance du statut cognitif (R^2 de Nagelkerke de 0,604).

Parmi les variables étudiées (Tableau 14), deux ont montré une valeur prédictive significative. En effet, les patients avec un IPS $\leq 0,9$ ont 98% de chances en moins d'obtenir un score normal au MMSE (modalité de référence du modèle) par rapport aux patients avec un IPS intermédiaire ($> 0,9$ et $< 1,4$) ($p = 0,027$; OR = 0,02 [IC95 % : 0,0005-0,63]), tout comme les patients avec une étiologie artéritique diabétique qui ont 98 % de chances en moins d'avoir un MMSE anormal que les artéritiques non diabétiques ($p = 0,016$; OR = 0,02 [IC95 % : 0,001-0,49]). Le tabagisme et le niveau d'amputation n'ont pas montré de capacité prédictive significative du statut cognitif ($p = 0,972$ et $p = 0,080$ (test omnibus/LR), respectivement).

Prédicteur	OR [IC 95 %]	p-valeur
Ordonnée à l'origine	4,86 [0,21-115,1]	
Etiologie		
Traumatique >> artéritique non diabétique	1,56 ^e -8 [0,00-+ ∞]	0,996
Artéritique diabétique >> artéritique non diabétique	0,02 [0,001-0,49]	<u>0,016</u>
Infection >> artéritique non diabétique	1,43 [0,05-42,4]	0,837
Niveau d'amputation		
AKA >> BKA	8,27 [0,59-116]	0,117
AKA + AKA >> BKA	.	.
BKA + BKA >> BKA	.	.
BKA + AKA >> BKA	.	.
Présence de tabagisme	1,04 [0,10-11,0]	0,972
Indice de pression systolique		
>0,9 et <1,4 >> ≤0,9	0,02 [4,62 ^e -4-0,63]	<u>0,027</u>
≥1,4 >> ≤0,9	0,21 [0,01-4,61]	0,325

Tableau 14 : Modèle de régression pour le MMSE.

Timed Up and Go

Lors des analyses univariées (Tableau 10), plusieurs variables ont montré une relation significative avec les résultats obtenus au TUG en fin d'hospitalisation : la force d'extension ($p = 0,01$) et la force d'abduction ($p = 0,008$) de hanche ont montré une relation positive avec un meilleur score au TUG. Les patients ≤ 60 ans ont montré un meilleur score au TUG que les patients entre 60 et 70 ans ($p = 0,031$). Le sexe masculin ($p = 0,005$), le niveau d'amputation tibial plutôt que fémoral ($p < 0,001$) et le membre Contro-latéral qui présente un problème chronique par rapport aux membres controlatéraux sans problème ($p = 0,004$) ont montré de meilleurs résultats au TUG.

Le modèle établi par la régression linéaire multiple (Tableau 15) a montré 29,1% d'explication de la variance (R^2 ajusté de 0,291) après correction pour le nombre de variables mais n'a pas atteint le seuil de significativité ($p = 0,088$) et montrait une faible puissance statistique. En raison de l'hétérogénéité des amputations bilatérales et d'effectifs insuffisants par modalité, le modèle incluant l'ensemble des niveaux n'était pas identifiable. L'analyse multivariée a donc été restreinte aux patients présentant une amputation unilatérale tibiale ou fémorale, permettant une estimation fiable des coefficients. De cette manière, nous avons pu mettre en évidence une valeur prédictive significative du niveau d'amputation sur les résultats au TUG, avec de meilleurs résultats pour les patients amputés au niveau tibial que ceux amputés au niveau fémoral ($p = 0,046$).

Les résultats doivent être interprétés avec prudence, car ils ne s'appliquent qu'aux amputations unilatérales. L'effet du niveau d'amputation n'a pas pu être évalué de manière fiable chez les patients amputés bilatéraux en raison d'effectifs limités.

Prédicteur	Estimation (β) [IC 95 %]	Valeur de p
Ordonnée à l'origine	12,6 [-23,7-48,9]	
Sexe féminin	-0,94 [-17,9-16,1]	0,908
Age		
61-70 ans >< \leq 60 ans	11,0 [-2,62-24,6]	0,106
71-80 ans >< \leq 60 ans	7,11 [-8,33-22,5]	0,344
>80 ans >< \leq 60 ans	-2,90 [-32,5-26,7]	0,838
Etat du membre contro-latéral		
Problème aigu >< problème chronique	14,6 [-4,34-33,5]	0,122
Pas de problème >< problème chronique	8,95 [-11,1-29,0]	0,357
AKA plutôt que BKA	15,5 [0,30-30,7]	0,046
Force d'extension de hanche (N)	0,39 [-0,82-1,61]	0,500
Force d'abduction de hanche (N)	-0,69 [-1,92-0,54]	0,253

Tableau 15 : Modèle de régression pour le Timed Up and Go.

Autonomie pour les transferts

Concernant l'autonomie aux transferts, nous avons pu identifier deux variables qui présentaient une relation significative (Tableau 10). Il s'agissait du tabagisme ($p = 0,040$) et du degré d'autonomie antérieure ($p = 0,046$), avec une consommation tabagique et un bon degré d'autonomie antérieure qui semblaient tous les deux associés à de meilleures capacités aux transferts en fin de rééducation.

Le modèle de régression logistique obtenu en intégrant ces deux variables (Tableau 16) a montré une significativité ($p = 0,002$) avec cependant un pouvoir explicatif modéré (il explique 24,1 % de la variance de l'autonomie aux transferts, définie comme modalité de référence (R^2 de Nagelkerke de 0,241)). Ce modèle a permis de montrer que les patients présentant une dépendance antérieure ont 6,7 fois plus de risque de ne pas être autonomes aux transferts à la sortie, comparativement à ceux ayant une bonne autonomie antérieure ($p = 0,024$; OR = 6,68 [IC95 % :1,28-34,8]) et que les patients non-fumeurs présentent une probabilité significativement plus faible (91 %) d'autonomie aux transferts que les patients fumeurs ($p = 0,030$; OR = 0,09 [IC95 % :0,01-0,79]).

La capacité prédictive de ce modèle doit toutefois être interprétée avec prudence en raison d'une sensibilité nulle (mauvaise identification des patients qui ne seront pas autonomes aux transferts, sans doute en raison du déséquilibre entre les groupes car un important nombre de patients seront autonomes aux transferts). La spécificité en revanche était de 100 %.

Prédicteur	OR [IC 95 %]	p-valeur
Ordonnée à l'origine	0,06 [0,02-0,26]	
Dépendance antérieure	6,68 [1,28-34,8]	0,024
Présence de tabagisme	0,09 [0,01-0,79]	0,030

Tableau 16 : Modèle de régression pour l'autonomie aux transferts.

Autonomie pour chausser la prothèse

Seul l'âge avait montré une association significative (Tableau 10) avec le fait d'être capable de chausser seul sa prothèse en fin de rééducation ($p = 0,004$). Un plus jeune âge semblait en effet associé à de meilleures capacités à chausser seul sa prothèse en fin de rééducation.

Cependant, les erreurs standards et les odds ratio obtenus sur le modèle de régression logistique sont très élevés. Comme pour l'autonomie aux transferts, on retrouve un déséquilibre important entre les groupes. En effet, presque tous les patients étaient autonomes pour le chaussage (91,7 % des patients), ce qui donne une séparation presque parfaite et des estimations non fiables. Cela suggère que le chaussage de la prothèse est plutôt bien acquis à la sortie, quel que soit l'âge.

Bien qu'une tendance soit donc observée lors des analyses univariées, suggérant que les patients plus jeunes étaient plus souvent autonomes pour chausser la prothèse, la variabilité au sein des groupes est trop faible pour permettre une modélisation fiable.

Autonomie pour les escaliers

Lors des analyses univariées (Tableau 10), plusieurs variables ont montré une association significative avec l'autonomie aux escaliers lors de la sortie : l'âge ($p = 0,011$) avec un âge plus jeune qui semblait associé à de meilleures capacités aux escaliers en fin de séjour, un index de comorbidité de Charlson plus faible ($p = 0,026$) qui était significativement associé à de meilleures performances dans les escaliers, le statut professionnel préalable ($p = 0,022$) avec le statu actif professionnellement qui semblait associé à plus de réussite dans les escaliers, le tabagisme ($p = 0,022$) avec la consommation tabagique qui semblait montrer une association avec de meilleures performances également dans les escaliers, l'autonomie antérieure ($p =$

0,001) qui semblait également montrer une association positive avec les performances dans les escaliers, des forces de hanche en extension ($p = 0,003$) et en abduction ($p = 0,011$) qui étaient significativement plus importantes parmi le groupe des patients qui étaient autonomes aux escaliers en fin de séjour.

Une régression logistique a été réalisée pour étudier les facteurs associés à l'autonomie aux escaliers (désignée comme modalité de référence). Le modèle global présenté dans le tableau 17 était significatif ($p < 0,001$) et expliquait environ 85 % de la variance (N^2 de Nagelkerke de 0,850), mais les coefficients n'ont pas pu être estimés de manière fiable (erreurs standards très élevées, $p = 0,99$).

Prédicteur	OR [IC 95 %]	Valeur de p
Ordonnée à l'origine	3,56 ^e -51 [0,00-+ ∞]	
Age		
61-70 ans >< ≤ 60 ans	1,85 ^e 27 [0,00-+ ∞]	0,997
71-80 ans >< ≤ 60 ans	8,73 ^e 26 [0,00-+ ∞]	0,997
>80 ans >< ≤ 60 ans	1,35 ^e 22 [0,00-+ ∞]	0,997
Indice de Charlson	0,21 [0,01-3,39]	0,269
Statut professionnel		
Inactif >< actif	2,75 ^e 28 [0,00-+ ∞]	0,998
Retraité >< actif	3,98 ^e 27 [0,00-+ ∞]	0,998
Présence de tabagisme	6,42 ^e -19 [0,00-+ ∞]	0,997
Dépendance antérieure	6,27 ^e 16 [0,00-+ ∞]	0,997
Force d'extension de hanche (N)	0,86 [0,47-1,55]	0,610
Force d'abduction de hanche (N)	0,83 [0,45-1,53]	0,547

Tableau 17 : Modèle de régression pour l'autonomie aux escaliers.

Utilisation d'aides techniques à la marche à la sortie

En analyses univariées (Tableau 10), des relations statistiquement significatives ont été mises en évidence entre l'utilisation d'aides techniques à la sortie et le niveau d'amputation ($p = 0,002$) avec les patients amputés au niveau tibial qui semblaient avoir moins besoin d'aides techniques, une force en abduction plus faible ($p = 0,043$) qui était significativement associée à davantage d'utilisation d'aides techniques à la marche à la sortie, l'état du membre controlatéral ($p = 0,044$) où les patients avec un problème fonctionnel ou général du moignon qui semblaient montrer moins d'utilisation d'aides techniques en fin de séjour que les patients avec problème aigu du moignon ou sans problème, la bonne autonomie antérieure ($p = 0,020$)

qui était associée à moins d'utilisation d'aides techniques à la sortie et un indice de comorbidité de Charlson plus faible ($p = 0,006$) parmi les patients qui étaient capables de se déplacer sans aides techniques en fin de séjour.

Le modèle obtenu en intégrant ces variables dans une régression logistique est significatif ($p = 0,002$) et explique environ 50 % de la variance (R^2 de Nagelkerke de 0,500). L'absence de nécessité d'utilisation d'aides techniques à la sortie était la modalité de référence.

Parmi les variables intégrées, l'indice de Charlson ($p = 0,003$; OR = 1,93 [IC95 % :1,25-2,99]) et le niveau d'amputation ($p = 0,026$; OR = 13,7 [IC95 % :1,37-137,4]) ont montré une valeur prédictive significative. Les patients avec un score de Charlson plus élevé et ceux avec une amputation fémorale plutôt que tibiale avaient respectivement environ deux fois et 14 fois plus de risque d'utiliser des aides techniques à la marche au moment de la sortie.

Prédicteur	OR [IC 95 %]	p-valeur
Ordonnée à l'origine	0,29 [0,01-13,4]	
Niveau d'amputation		
AKA >< BKA	13,7 [1,37-137]	0,026
AKA + AKA >< BKA	.	.
BKA + BKA >< BKA	.	.
BKA + AKA >< BKA	.	.
Force d'abduction de hanche (N)	0,93 [0,82-1,05]	0,222
Dépendance antérieure	1,19 [0,23-6,08]	
Etat du membre contro-latéral		
Problème aigu >< problème chronique	1,35 [0,11-17,2]	0,817
Pas de problème >< problème chronique	0,46 [0,03-6,75]	0,572
Indice de Charlson	1,93 [1,25-2,99]	0,003

Tableau 18 : Modèle de régression pour l'utilisation d'aides techniques à la marche à la sortie.

Utilisation d'aides techniques à la marche six mois après la sortie

Des associations significatives ont été retrouvées (Tableau 10) entre l'utilisation d'aides techniques à la marche six mois après la sortie et l'âge ($p = 0,031$) avec un âge plus jeune qui semblait davantage associé à l'utilisation d'aides techniques à six mois, un indice de comorbidité de Charlson plus faible ($p < 0,001$), une moins bonne autonomie antérieure ($p = 0,003$) et le statut professionnel autre que professionnellement actif ($p = 0,002$).

Le modèle obtenu par la régression logistique (Tableau 19) est significatif ($p < 0,001$) et explique environ 42 % de la variance de l'utilisation d'aides techniques à la marche six mois après la sortie (R^2 de Nagelkerke de 0,420). L'absence de nécessité d'utilisation d'aides

techniques six mois après la sortie d'hospitalisation a été définie comme la modalité de référence.

Avoir une bonne autonomie antérieure ($p = 0,007$; [OR = 4,45 [IC95 % :1,52-13,1]], un âge ≤ 60 ans plutôt que > 80 ans ($p = 0,029$; OR = 42 [IC95 % :1,46-1207,4]) et le fait d'être professionnellement actif plutôt qu'inactif ($p = 0,038$; OR = 25,4 [IC95 % :1,20-536,2]) augmentent la probabilité d'être capable de marcher sans aides techniques six mois après la fin d'hospitalisation.

Prédicteur	OR [IC 95 %]	p-valeur
Ordonnée à l'origine	0,01 [2,25^e-4-0,17]	
Dépendance antérieure	4,45 [1,52-13,1]	0,007
Indice de Charlson	1,29 [0,99-1,67]	0,059
Statut professionnel		
Inactif >< actif	25,4 [1,20-536]	0,038
Retraité >< actif	5,28 [0,45-62,2]	0,186
Age		
61-70 ans >< ≤ 60 ans	9,32 [0,81-107]	0,073
71-80 ans >< ≤ 60 ans	12,9 [0,93-179]	0,057
>80 ans >< ≤ 60 ans	42,0 [1,46-1207]	0,029

Tableau 19 : Modèle de régression pour l'utilisation d'aides techniques à la marche six mois après la sortie.

K-Level six mois après la sortie

Concernant le K-level, les analyses univariées (Tableau 10) ont permis de mettre en évidence des relations statistiquement significatives avec la durée depuis l'amputation ($p = 0,047$) avec une durée plus longue entre l'amputation et l'admission en rééducation qui semblait être associée à un K-level plus faible, l'indice de comorbidité de Charlson ($p = 0,004$) avec les patients classés en K3 qui présentaient un meilleur indice de Charlson que les patients classés en K1 ($p = 0,016$) ou en K2 ($p = 0,006$). Concernant la force d'extension de hanche ($p = 0,008$), la différence était significative entre les patients classés en K4 et ceux classés en K0 ($p = 0,011$) ou en K1 ($p = 0,033$). L'âge ($p = 0,014$) et les activités professionnelles préalables ($p < 0,001$) montraient également une association significative avec le K-level, avec un âge plus jeune et un statut professionnel actif qui semblaient associés à une meilleure catégorie de K-level. Sur cette base, nous avons construit un modèle de régression logistique. Le K-level a été dichotomisé en deux groupes : K-level 3–4 (modalité de référence) versus K-level 0–1–2.

Le modèle s'est révélé significatif ($p < 0,001$) et a montré un bon pouvoir explicatif, en expliquant environ 64% de la variance (R^2 de Nagelkerke = 0,637) du K-level (Tableau 20).

L'indice de Charlson a montré une capacité prédictive significative ($p = 0,014$; OR = 2,30 [IC95 % : 1,19-4,47]), avec une diminution de la probabilité d'obtenir un K-level de 3 ou 4 lorsque le score de Charlson augmente. Par ailleurs, une plus longue durée depuis l'amputation a montré une probabilité diminuée d'obtenir un K-level de 3 ou 4 ($p = 0,048$; OR = 1,07 [IC95 % : 1,00-1,15]). Les autres variables (âge, activités professionnelles, et force d'extension de la hanche) ne montraient pas d'effet significatif dans le modèle final.

Prédicteur	OR [IC 95 %]	p-valeur
Ordonnée à l'origine	1,95 ^e -9 [0,00-+∞]	
Indice de Charlson	2,30 [1,19-4,47]	0,014
Statut professionnel		
Inactif >< actif	3,30 ^e 8 [0,00-+ ∞]	0,995
Retraité >< actif	22,9 [0,28-1876]	0,164
Age		
61-70 ans >< ≤ 60 ans	3,21 ^e 7 [0,00-+ ∞]	0,995
71-80 ans >< ≤ 60 ans	3,08 ^e 7 [0,00-+ ∞]	0,995
>80 ans >< ≤ 60 ans	1,10 ^e 13 [0,00-+ ∞]	0,995
Durée depuis l'amputation (jours)	1,07 [1,00-1,15]	0,048
Force en extension de hanche (N)	0,881 [0,75-1,04]	0,138

Tableau 20 : Modèle de régression pour le K-level six mois après la sortie.

ETUDE PROSPECTIVE

Résumé

L'étude prospective a permis d'inclure 103 patients dans notre cohorte et d'analyser la valeur prédictive de différentes variables indépendantes sur des résultats fonctionnels, sociaux, cognitifs ainsi que la durée de séjour.

Une bonne autonomie antérieure, un âge plus jeune, un statut professionnel actif, une moindre charge en comorbidités, un délai plus court entre l'amputation et l'admission en réadaptation et une amputation tibiale plutôt que fémorale ont montré une valeur prédictive favorable pour la fonctionnalité.

Les patients avec un IPS pathologique avaient une probabilité plus faible d'obtenir un score normal au MMSE. Parmi les patients artéritiques, les patients diabétiques avaient toutefois une probabilité plus grande d'obtenir un MMSE normal. Un problème local ou aigu du moignon et l'étiologie traumatique étaient associés à un séjour plus long en rééducation après analyse par régression linéaire. En revanche, parmi les associations significatives retrouvées dans les analyses univariées concernant l'orientation à la sortie, aucune ne restait significative après régression logistique.

CHAPITRE III : DISCUSSION DES RÉSULTATS ET CONCLUSION

1) Résumé de la contribution scientifique de la thèse

- Grâce à une revue systématique, plusieurs facteurs associés à la qualité de vie des patients amputés ont pu être identifiés. Un âge plus jeune, une amputation unilatérale et de niveau tibial (BKA), une étiologie traumatique, un meilleur état psychologique au moment de l'amputation, une meilleure fonctionnalité préopératoire et une charge moindre en comorbidités étaient associés à une meilleure qualité de vie. Par ailleurs, le genre et le statut socio-économique n'ont pas montré d'influence claire sur la qualité de vie.
- Une autre revue systématique de la littérature a été réalisée et a permis de confirmer que les genoux électroniques apparaissent supérieurs aux genoux mécaniques en termes de capacités fonctionnelles et de qualité de vie.
- Une étude rétrospective observationnelle de cohorte, à objectif exploratoire, a comparé des résultats rééducatifs entre un groupe de patients ayant utilisé une prothèse d'entraînement et un groupe qui ne l'a pas utilisée. Une durée de séjour plus courte a été observée dans le groupe avec prothèse d'entraînement. Les résultats doivent être interprétés avec prudence en raison de la nature observationnelle rétrospective et d'un effet-centre lié au design de l'étude et à la répartition des patients. Cependant, l'étude conserve un intérêt exploratoire, notamment pour générer des hypothèses concernant l'impact potentiel des stratégies de rééducation sur la durée de séjour et les résultats fonctionnels.
- Nous avons également réalisé une étude prospective de cohorte pour étudier la reproductibilité du test de mesure de force de la hanche par dynamomètre manuel chez le patient amputé. La reproductibilité s'est avérée bonne à excellente pour les groupes musculaires étudiés (flexion, extension, abduction et adduction). Les valeurs de MDC sont modérées et limitent l'utilisation de l'outil pour le suivi individuel, mais permettent de légitimer son recours pour la recherche et la comparaison entre groupes de patients.
- Nous avons réalisé une étude rétrospective de cohorte pour identifier des facteurs initiaux qui présentent une association significative avec différents résultats rééducatifs. Un âge plus jeune, un indice de Charlson plus faible et une étiologie traumatique plutôt que vasculaire étaient associés à un meilleur niveau fonctionnel en fin de rééducation. De même, un âge plus jeune et une charge moindre en comorbidités constituaient des facteurs prédictifs favorables d'un retour au domicile après le séjour en rééducation. Enfin, un intervalle plus long entre l'amputation et l'admission en centre de réadaptation était associé à une durée de séjour plus courte.

- Enfin, le cœur du travail était la réalisation d'une étude prospective de cohorte avec intégration de modèles de régression qui a permis d'explorer des associations entre un large panel de variables indépendantes et de résultats rééducatifs. Une meilleure autonomie pré-amputation, un âge plus jeune, un statut professionnel actif, une charge moindre en comorbidités, un délai plus court entre l'amputation et l'admission en réadaptation et un niveau d'amputation tibial étaient associés à une meilleure fonctionnalité. Un IPS pathologique était associé à une probabilité plus faible d'obtenir un score normal au MMSE, tandis que, parmi les patients artéritiques, la présence d'un diabète était associée à une probabilité plus élevée de score normal. Une étiologie traumatique et la présence de complications locales ou aiguës du moignon étaient associées à une durée de séjour plus longue. Concernant l'orientation à la sortie, une meilleure force de hanche était significativement associée à une plus grande probabilité de retour au domicile.

2) Synthèse des résultats majeurs des études de cohortes

Les analyses statistiques réalisées sur notre cohorte rétrospective et notre cohorte prospective ont permis de proposer plusieurs caractéristiques comme facteurs jouant un rôle prédictif sur les résultats rééducatifs. Ceux-ci sont repris dans le tableau 21.

Résultat rééducatif	Facteurs pronostiques
Durée de séjour	<ul style="list-style-type: none"> • L'étiologie traumatique est un facteur prédictif d'une plus longue hospitalisation que celle des patients artéritiques non diabétiques • Un problème local du moignon est un facteur prédictif d'une plus longue hospitalisation par rapport aux patients qui ne présentent pas de problème particulier à leur moignon • Un plus long délai entre l'amputation et l'entrée en séjour rééducatif est prédictif d'une durée d'hospitalisation plus courte en rééducation
Orientation à la sortie	<ul style="list-style-type: none"> • Une charge plus importante en comorbidités augmente le risque d'être orienté en structure institutionnalisée • Un âge plus avancé diminue les chances de retourner au domicile après l'hospitalisation • Une force d'extension de hanche plus importante est fortement prédictive d'un retour au domicile après l'hospitalisation

TUG	<ul style="list-style-type: none"> En comparant les amputés tibiaux unilatéraux aux amputés fémoraux unilatéraux, une meilleure performance au TUG a été mise en évidence pour les patients amputés au niveau tibial
BBS	<ul style="list-style-type: none"> Une amputation trans-fémorale augmente les risques d'obtenir un score à la BBS indiquant un risque de chute modéré à élevé, par rapport aux amputés trans-tibiaux
MMSE	<ul style="list-style-type: none"> Les patients artéritiques diabétiques ont plus de chances d'obtenir de bons résultats au MMSE que les patients artéritiques non diabétiques Les patients qui ont un IPS $\leq 0,9$ ont une probabilité plus faible d'obtenir un score normal au MMSE que les patients avec un IPS intermédiaire
Autonomie aux transferts	<ul style="list-style-type: none"> Le tabagisme augmente les chances d'être autonome aux transferts en fin de rééducation Une autonomie antérieure correcte augmente la probabilité d'être autonome aux transferts en fin de rééducation
Autonomie au chaussage	Pas de facteur pronostique retrouvé
Autonomie aux escaliers	Pas de facteur pronostique retrouvé
Utilisation d'aides techniques à la marche à la sortie	<ul style="list-style-type: none"> Une plus grande charge en comorbidités augmente le risque d'avoir recours aux aides techniques à la marche en fin de séjour Une amputation trans-fémorale plutôt que trans-tibiale augmente le risque d'avoir besoin d'aides techniques à la marche en fin de séjour
Utilisation d'aides techniques à la marche six mois après la sortie	<ul style="list-style-type: none"> Une bonne autonomie antérieure est un facteur prédictif d'une plus grande probabilité d'être capable de marcher sans aides techniques 6 mois après la fin du séjour Un âge plus jeune est prédictif d'une plus grande probabilité de se déplacer sans aides techniques 6 mois après la sortie Le fait d'être encore actif professionnellement augmente la probabilité d'être capable de se déplacer sans aides techniques 6 mois après la fin du séjour en rééducation
K-level à la sortie	<ul style="list-style-type: none"> Un âge plus avancé diminue la probabilité d'une bonne fonctionnalité en fin de séjour Une plus grande charge en comorbidités augmente le risque d'une moins bonne fonctionnalité en fin de séjour L'étiologie traumatique est prédictive d'une meilleure fonctionnalité en fin de séjour par

	rapport à celle des patients artéritiques diabétiques
K-level six mois après la sortie	<ul style="list-style-type: none"> • Une charge plus importante en comorbidités diminue la probabilité d'avoir une bonne fonctionnalité 6 mois après la fin du séjour • Un délai plus long entre l'amputation et l'entrée en rééducation augmente la probabilité d'avoir une moins bonne fonctionnalité 6 mois après la fin du séjour en rééducation

Tableau 21 : facteurs pronostiques de l'évolution fonctionnelle des patients amputés.

Forces et limites des études de cohorte

L'étude de cohorte rétrospective présente plusieurs forces et limites. Parmi ses points forts, il s'agit d'une cohorte observationnelle rétrospective incluant des patients consécutifs admis en réadaptation, permettant de refléter une population clinique réelle de patients amputés. L'utilisation de modèles de régression pour différents résultats rééducatifs a permis d'explorer des associations indépendantes entre variables de départ et résultats rééducatifs, au-delà des analyses univariées. Néanmoins, le caractère rétrospectif de l'étude implique une dépendance aux données disponibles dans les dossiers médicaux, avec un risque de données manquantes et de variables non mesurées, limitant la prise en compte de certains facteurs de confusion potentiels. Le design monocentrique restreint par ailleurs la généralisabilité des résultats à d'autres centres. Enfin, la nature observationnelle de l'étude ne permet pas d'établir de lien causal entre les variables étudiées et les résultats rééducatifs, mais uniquement des associations statistiques. Des études prospectives multicentriques seraient nécessaires afin de confirmer ces résultats et d'en renforcer la validité externe.

L'étude prospective observationnelle présente également plusieurs forces et limites méthodologiques. Parmi ses points forts, elle inclut des patients consécutifs dans un cadre monocentrique, avec une collecte standardisée des données selon un calendrier défini et uniformisé entre les participants, ce qui améliore la comparabilité des observations. L'utilisation de modèles de régression a permis d'explorer des associations entre un large panel de variables indépendantes et différents résultats rééducatifs.

Cependant, plusieurs limites doivent être prises en considération dans l'interprétation des résultats. Compte tenu du caractère exploratoire de l'étude et du nombre important de variables étudiées par rapport au nombre d'événements observés, les modèles multivariés peuvent être exposés à un risque de surajustement et de stabilité limitée des estimations. Dans ce cadre, les analyses ont été volontairement orientées vers l'identification d'associations potentielles plutôt que vers une modélisation prédictive stricte. L'évaluation systématique de la colinéarité et des interactions entre variables n'a pas été réalisée de manière exhaustive, ce qui peut influencer l'interprétation de certains coefficients, sans remettre en cause la cohérence globale des tendances observées. Enfin, bien que prospective, l'étude reste observationnelle et ne permet pas d'établir de lien causal, mais uniquement des associations

statistiques. Des études futures avec un dimensionnement statistique dédié et des analyses multivariées spécifiquement structurées seraient nécessaires pour confirmer ces résultats.

3) Confrontation à la littérature

Chislett s'est notamment intéressé, tout comme nous, à l'éventuel lien entre certaines caractéristiques sociales (fait de vivre seul, adaptabilité du domicile) et la durée d'hospitalisation [69]. Il a proposé que le fait de vivre seul ou bien de vivre dans un logement inadapté pouvait augmenter la durée d'hospitalisation. Il suggère en effet qu'un temps est nécessaire pour aménager le domicile ou bien organiser l'orientation du patient en institution. Bien que nous ayons également intégré ces variables dans notre analyse prospective, nous n'avons pas observé de relation significative entre celles-ci et la durée de séjour. Chislett retrouve également une longueur de séjour plus importante pour les patients AKA que pour les patients amputés BKA, tandis que nous n'avons pas retrouvé d'influence du niveau d'amputation sur la durée de séjour.

La littérature supporte l'hypothèse d'une augmentation de la durée de séjour avec les comorbidités [69,129]. Nous n'avons pas non plus retrouvé cette relation. Cependant, cela pourrait expliquer en partie que les patients amputés pour des raisons traumatiques présentent un plus long séjour en réadaptation que les patients amputés pour des raisons artéritiques diabétiques. En effet, le traumatisme ayant mené à l'amputation est souvent responsable de la survenue d'autres lésions collatérales, qui peuvent représenter une charge médicale supplémentaire. Si nous regardons les durées de séjour des patients amputés pour des raisons traumatiques dans notre cohorte prospective, nous observons une tendance cependant non significative ($p=0.165$) à une durée de séjour plus longue pour les patients « poly-traumatisés » (moyenne de $109,8\pm 82,5$ jours) que pour les patients « mono-traumatisés » (moyenne de $57,8\pm 19,0$ jours).

Chislett retrouve un lien entre les lésions du moignon et l'échec d'appareillage, mais pas avec la durée de séjour [69], contrairement à nos observations de l'étude prospective, où un moignon qui présente un problème local est associé à une plus grande probabilité de prolonger le séjour en hospitalisation.

L'influence de potentiels facteurs pronostiques sur l'orientation à la sortie du séjour en rééducation (et non pas à la sortie du séjour en hospitalisation chirurgicale aigüe) est assez peu étudiée. Une étude australienne s'est tout de même déjà intéressée à cet aspect chez les patients amputés [130] mais n'a cependant pas tout à fait examiné la notion prédictive de variables indépendantes précoces. Ces auteurs ont cependant montré la valeur prédictive positive de la mobilité en fin de rééducation sur le retour à domicile. Or, dans notre étude prospective, nous avons retrouvé qu'une plus grande charge en comorbidités était prédictive

d'une moins grande probabilité de bonne mobilité en fin de séjour (utilisation d'aides techniques à la marche). Dans notre étude rétrospective, cette relation était également retrouvée (avec analyse de mobilité en fin de séjour par le K-level), de même qu'avec un âge plus avancé. On retrouvait également dans cette étude une plus grande probabilité d'être orienté en maison de repos justement en cas de plus grande charge en comorbidités et en cas d'âge plus avancé. On pourrait donc imaginer que l'influence négative de l'âge et des comorbidités sur l'orientation en fin de séjour soit en fait la conséquence d'une mobilité moindre.

Très peu d'études se sont intéressées à l'état cognitif du patient en tant que résultat rééducatif. Une revue de littérature de 2012 suggère un rôle de l'étiologie de l'amputation sur l'évolution cognitive du patient [120] en concluant que les patients artéritiques et les patients diabétiques ont de moins bonnes performances cognitives. Ceci est compatible avec nos résultats, qui montrent que les patients avec un IPS pathologique ont une plus faible probabilité d'obtenir un bon score au MMSE. Un fait intéressant est que, parmi nos patients artéritiques, les diabétiques ont montré de meilleurs scores au MMSE que les non-diabétiques.

Le délai entre l'amputation et l'entrée en centre de réadaptation et son association avec des résultats rééducatifs est assez peu étudié chez le patient amputé. Nous avons pu mettre en évidence qu'un plus long délai entre l'amputation et l'entrée en centre de rééducation avait un impact sur la fonctionnalité, évaluée via le K-level, six mois après la fin du séjour. Stineman, un des rares auteurs à avoir également étudié cet aspect, obtient des conclusions similaires, et il montre un gain moteur meilleur avec la précocité de la réadaptation [131,132]. Une récente revue systématique de la littérature s'est intéressée à l'influence de nombreux facteurs socio-démographiques, médicaux, physiques et psychologiques sur la mobilité du patient amputé [133]. Cette revue n'a retenu que trois études parmi 17, qui se sont intéressées à l'influence de la durée depuis l'amputation sur la mobilité ultérieure du patient amputé [134–136]. Cependant, chacune de ces études a considéré la durée depuis l'amputation comme la durée écoulée entre l'amputation et l'analyse de mobilité. Cette durée était en moyenne de 2, 6 et 12 ans dans ces études. Aucune étude n'a considéré, comme potentiel facteur pronostique de fonctionnalité, la durée écoulée entre l'amputation et le début de la rééducation. Notre analyse montre pourtant toute l'importance de considérer ce paramètre dans de futures études et même en pratique clinique quotidienne, puisqu'un début plus tardif de la rééducation montre une probabilité moins importante d'avoir une bonne fonctionnalité six mois après la fin du programme de rééducation.

La revue systématique de 2025 n'a également retenu qu'une seule étude ayant considéré la force de hanche (en extension) comme facteur prédictif d'une meilleure fonctionnalité (évaluée par le TUG) [137]. Malheureusement, la force de hanche et la performance au TUG ont été enregistrées au cours de la même session (réalisée le jour du recrutement des patients au cours d'une conférence à destination des patients amputés), donc sans réelle notion pronostique d'une fonctionnalité future du patient amputé. Par ailleurs, les patients amputés

pour des raisons vasculaires ont été exclus de l'étude. La force de hanche a cependant montré tout son intérêt dans notre analyse prospective, avec une meilleure force d'extension de hanche associée à une probabilité plus importante de retour au domicile.

Concernant le tabagisme, une revue systématique de 2009 ne retrouve pas d'association avec les résultats de mobilité [40] alors que nous avons retrouvé une valeur prédictive positive du tabac sur la capacité à réaliser ses transferts de façon autonome en fin de rééducation. Ce résultat est tout à fait interpellant et mérite une réflexion plus approfondie. Une étude comparant l'effet de la rééducation cardiaque chez les fumeurs et les non-fumeurs [138] a montré une progression significative des paramètres d'évaluation (distance de claudication, capacité cardio-pulmonaire, flux sanguin) dans les deux groupes, et même une amélioration significativement plus importante de la vitesse de marche dans le groupe des fumeurs. Ceci pourrait peut-être être expliqué par un niveau fonctionnel extrêmement bas chez les patients fumeurs au départ, avec donc un potentiel d'amélioration plus important. Etant donné la plus grande probabilité pour les fumeurs que pour les non-fumeurs d'être autonomes aux transferts dans notre étude prospective, nous avons envisagé d'autres hypothèses. La première est celle d'un important facteur motivationnel supplémentaire chez les patients fumeurs. La deuxième hypothèse est que le statut tabagique implique de nombreux transferts quotidiens pour se rendre depuis la chambre d'hospitalisation au fumoir et ainsi, les transferts sont travaillés de manière répétée, régulière et pluriquotidienne.

Nous avons trouvé que l'autonomie antérieure du patient offrait une plus grande probabilité d'être capable de se transférer seul en fin de rééducation et de marcher sans aides techniques six mois après la fin du séjour en rééducation, ce qui semble soutenu par les observations de la revue systématique de Sansam [40] mais n'est pas confirmé par les observations de Wong qui ne retrouve pas de lien entre l'autonomie avant l'amputation et les résultats de fonctionnalité des patients BKA [139].

Les conclusions sont plus mitigées en ce qui concerne le niveau d'amputation. Dans notre étude prospective, nous avons trouvé que le niveau d'amputation fémoral était un facteur pronostique d'une plus grande probabilité d'utilisation d'aides techniques à la marche en fin de séjour mais également de moins bons résultats à la BBS que le niveau tibial. Suckow n'a pas retrouvé de relation entre le niveau d'amputation fémoral ou tibial et l'utilisation d'aides techniques à la marche en fin de séjour [140]. De même, Czerniecki, tout comme Hamamura, retrouvent un même succès de mobilité en fin de séjour pour les patients BKA et AKA [141,142]. D'autres études suggèrent une meilleure fonctionnalité chez les BKA que chez les AKA, avec par exemple un meilleur taux d'appareillage à un an et un meilleur TUG [129,143,144].

Nous avons mis en évidence dans notre étude rétrospective une capacité prédictive positive de l'étiologie traumatique par rapport à l'étiologie artéritique diabétique sur la fonctionnalité en fin de rééducation. La revue systématique de Sansam a retrouvé plusieurs études qui montraient que les patients amputés vasculaires avaient de moins bons résultats de mobilité

que les patients amputés non-vasculaires [40] tandis que d'autres n'ont pas trouvé de prédictivité de l'étiologie sur les capacités à la marche [132,141,142,145].

Concernant l'âge, nous avons mis en évidence, dans notre étude rétrospective, une diminution de la probabilité d'une bonne fonctionnalité en fin de séjour avec l'âge. Sansam [40] concluait également que l'âge avancé était associé à un mauvais pronostic fonctionnel mais des articles parus ensuite ne semblent pas retrouver cette influence [139,142,144].

Nous avons retrouvé une influence négative de la charge en comorbidité sur le K-level en fin d'hospitalisation et six mois après la fin du séjour, ainsi que sur l'utilisation d'aides techniques à la marche en fin de séjour (mais pas après six mois). Plusieurs études obtiennent des conclusions semblables [129,139,142]. En revanche, une étude n'a pas retrouvé de lien entre les comorbidités et le fait d'utiliser ou non une prothèse [144].

Nous n'avons pas trouvé de relation significative entre l'entourage soutenant, le sexe et le statut marital du patient et ses résultats fonctionnels, ce qui corrobore les conclusions de la revue systématique de 2016 de Kahl [146].

Nous avons confirmé, dans une de nos revues systématiques, de meilleurs résultats fonctionnels chez les patients utilisateurs d'un genou électronique plutôt que mécanique. Aucun genou électronique n'a cependant été utilisé dans le timing considéré pour notre étude prospective. En effet, le genou électronique n'est envisagé que lors de la prescription de l'appareillage définitif, qui n'avait lieu que six mois après la fin de la rééducation de nos patients. C'est justement à ce délai de six mois qu'était enregistré le dernier de nos résultats (utilisation d'aides techniques à la marche), alors que les patients n'avaient pas encore eu la possibilité de marcher avec un genou électronique. Nous ne pouvons cependant pas exclure que l'idée de pouvoir obtenir un genou électronique moyennant une bonne performance aux tests d'évaluation préalables ait représenté un facteur motivationnel supplémentaire pour les patients inclus après l'accès possible à ce type de genou.

4) Implications cliniques et perspectives de recherche

L'étude prospective a permis d'identifier plusieurs facteurs susceptibles d'être associés de manière prédictive à certains résultats rééducatifs. Un intérêt supplémentaire réside dans la distinction entre facteurs modifiables et non modifiables. Les facteurs modifiables pourraient constituer des leviers d'action, susceptibles d'influencer le pronostic rééducatif du patient. Cette approche ouvre la voie à de futures études interventionnelles. Une classification de ces facteurs selon leur caractère modifiable, ainsi que selon les acteurs susceptibles d'agir sur ceux-ci, est présentée dans le tableau 22.

Potentiel modifiable	Acteurs impliqués/leviers d'action
Problème local du moignon (cicatrisation problématique)	
Modifiable	Chirurgien (technique opératoire) ; équipe de soins aigus (prise en charge des plaies, éducation du patient) ; organisation du système de soins (centres spécialisés)
Etiologie	
Non modifiable	/
Force d'extension de la hanche	
Modifiable	Médecin (anticipation préopératoire) ; kinésithérapeute ; patient (adhésion)
Niveau d'amputation	
Non modifiable	/
IPS	
Modifiabilité dépend du stade et du caractère diffus de l'artériopathie oblitérante des membres inférieurs	Chirurgien vasculaire (procédures de revascularisation dans les lésions localisées)
Mobilité/autonomie antérieure	
Non modifiable au moment de l'amputation	Médecine préventive (médecin généraliste, kinésithérapeute, ergothérapeute)
Tabagisme	
Non modifiable au moment de l'amputation	Médecin généraliste ; politiques de santé publique
Charge en comorbidités	
Non modifiable au moment de l'amputation	Médecin généraliste ; politiques de prévention
Activités professionnelles	
Non modifiable	/
Age	
Non modifiable	/
Délai entre l'amputation et l'entrée en réadaptation	
Partiellement modifiable	Analyse des déterminants du délai (ex. disponibilité des places en réadaptation)

Tableau 22 : classification des facteurs initiaux selon leur caractère modifiable ou non.

À notre connaissance, certaines des variables indépendantes étudiées n'avaient pas encore été explorées sous l'angle de leur association avec les résultats rééducatifs chez les patients amputés. En particulier, la force de hanche, l'indice de pression systolique et le délai entre l'amputation et le début de la rééducation n'avaient pas été étudiés jusqu'à présent.

Au-delà de leur intérêt scientifique et des perspectives qu'elles ouvrent en recherche, la force de hanche présente l'avantage d'être modifiable. Elle pourrait ainsi constituer une cible pertinente pour de futures études interventionnelles.

Dans cette perspective, la réalisation d'études méthodologiques rigoureuses apparaît nécessaire afin de valider les modalités d'évaluation de la force de hanche chez le patient amputé. Une première étape consisterait à examiner la validité de la dynamométrie manuelle

par comparaison à une méthode de référence telle que l'isocinétisme, considéré comme le gold standard. Par ailleurs, l'évaluation de la reproductibilité des mesures devrait être conduite de manière approfondie, en intégrant des analyses de reproductibilité intra- et inter-évaluateur, idéalement en conditions intersession. Enfin, il serait pertinent de réaliser ces évaluations à un stade post-opératoire plus tardif, afin de limiter l'influence potentielle de facteurs tels que la douleur ou la fatigue, ainsi que l'amélioration spontanée des performances. Ce choix méthodologique pourrait également permettre d'obtenir des estimations plus fiables des paramètres de mesure, notamment de la différence minimale détectable (MDC). Nous pouvons également proposer que le statut cognitif du patient amputé soit plus régulièrement étudié en tant que résultat rééducatif. En effet, bien que le MMSE soit souvent utilisé dans l'évaluation du patient amputé, l'état cognitif est très peu considéré en tant que résultat. Pourtant, les troubles cognitifs sont plus fréquents chez les patients amputés que dans la population générale, et ces troubles ont un impact direct sur la mobilité du patient, son indépendance et l'utilisation de sa prothèse [120].

Un autre type de résultats qu'il serait très intéressant de développer est par exemple tout ce qui a trait à l'analyse de la marche du patient amputé et de ses dépenses en énergie. Les travaux à ce sujet se développent beaucoup ces dernières années [147,148]. Cependant, les patients inclus dans ces études présentent généralement une fonctionnalité importante, et les patients qui ont une moins bonne mobilité sont habituellement très peu représentés. Par ailleurs, les analyses portent presque toujours uniquement sur la marche, et ne s'intéressent pas à d'autres conditions, comme la montée et la descente des escaliers par exemple. Par ailleurs, les échantillons sont souvent limités, avec entre 5 et 15 patients par sous-groupes.

Il pourrait également être intéressant de pousser la recherche en évaluant l'écart de paramètres précis par rapport aux valeurs d'une population normale, dans différentes conditions de marche (double tâche, vitesses variées, marche prolongée, tournants, ...). En collaboration avec le Laboratoire d'Analyse du Mouvement de l'Université de Liège, nous avons augmenté le recours à l'utilisation de capteurs inertiels, fixés sur les talons des chaussures des patients amputés, afin d'enregistrer leurs paramètres spatio-temporels de marche. Des acquisitions de données via ces capteurs ont déjà été réalisées chez des individus sains (55 hommes et 46 femmes) et nous avons pu montrer une excellente fiabilité intra-session de ce système ainsi que des différences pour certains paramètres de marche (longueur de la foulée et durée de la phase pendulaire) entre les hommes et les femmes. Notre article à ce sujet est paru l'année dernière dans *Sensors* [117]. L'applicabilité clinique de ce système (précis, peu encombrant, léger) nous a déjà permis d'acquérir plusieurs données concernant les paramètres de marche des patients amputés, en consultation et dans des conditions de terrain variées.

Sur le plan scientifique et méthodologique, une étude prospective de cohorte multicentrique pourrait être mise en place afin d'améliorer la puissance statistique et la validité externe des résultats de notre étude. Cette étude pourrait intégrer des méthodes d'ajustement du biais de

confusion, telles que l'utilisation de scores de propension. Un dimensionnement adéquat de l'échantillon permettrait de respecter les recommandations méthodologiques en matière de ratio événements/variables (EPV). À défaut, des approches alternatives telles que la régression pénalisée de type LASSO pourraient être envisagées. La robustesse des modèles pourrait être évaluée par validation interne (split-sample ou bootstrap selon la taille de l'échantillon), puis par validation externe sur une cohorte indépendante. Ce design resterait idéalement observationnel, mais pourrait également intégrer une dimension interventionnelle, notamment concernant l'utilisation de la prothèse d'entraînement, à condition de recourir à une allocation randomisée et à une évaluation en aveugle des résultats.

BIBLIOGRAPHIE

1. Esquenazi, A. Amputation Rehabilitation and Prosthetic Restoration. From Surgery to Community Reintegration. *Disabil. Rehabil.* 2004, 26, 831–836.
2. Pelzer, D.; Beudart, C.; Thibaut, A.; Bornheim, S.; Kaux, J.F. Which Factors May Influence Medium-Term Quality of Life of Patients with Lower-Limb Loss? A Systematic Review of the Literature. *Prosthet. Orthot. Int.* 2025, 49, 14–29.
3. Schardt, C.; Adams, M.B.; Owens, T.; Keitz, S.; Fontelo, P. Utilization of the PICO Framework to Improve Searching PubMed for Clinical Questions. *BMC Med. Inform. Decis. Mak.* 2007, 7, doi:10.1186/1472-6947-7-16.
4. Barnett, C.T.; Vanicek, N.; Polman, R.C.J. Temporal Adaptations in Generic and Population-Specific Quality of Life and Falls Efficacy in Men with Recent Lower-Limb Amputations. *J. Rehabil. Res. Dev.* 2013, 50, 437–448, doi:10.1682/JRRD.2011.10.0205.
5. Fortington, L. V.; Geertzen, J.H.B.; Van Netten, J.J.; Postema, K.; Rommers, G.M.; Dijkstra, P.U. Short and Long Term Mortality Rates after a Lower Limb Amputation. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 2013, 46, 124–131, doi:10.1016/j.ejvs.2013.03.024.
6. NHLBI NIH Study Quality Assessment Tools.
7. Fortington, L. V.; Dijkstra, P.U.; Bosmans, J.C.; Post, W.J.; Geertzen, J.H.B. Change in Health-Related Quality of Life in the First 18 Months after Lower Limb Amputation: A Prospective, Longitudinal Study. *J. Rehabil. Med.* 2013, 45, 587–594.
8. Madsen, U.R.; Baath, C.; Berthelsen, C.B.; Hommel, A. Age and Health-Related Quality of Life, General Self-Efficacy, and Functional Level 12 Months Following Dysvascular Major Lower Limb Amputation: A Prospective Longitudinal Study. *Disabil. Rehabil.* 2019, 41, 2900–2909, doi:10.1080/09638288.2018.1480668.
9. Migaou, H.; Kalai, A.; Hassine, Y.H.; Jellad, A.; Boudokhane, S.; Salah Frih, Z. Ben Quality of Life Associated Factors in a North African Sample of Lower Limbs Amputees. *Ann. Rehabil. Med.* 2019, 43, 321–327, doi:10.5535/arm.2019.43.3.321.
10. Htwe, O.; Lee, K.X.; Maryam, S.A.; Kumaragu, S.; Joseph, L.H.; A, T.A.; Y, K.N.; Naicker, A.S. Quality of Life among Lower Limb Amputees Treated at the Tertiary Hospital, Malaysia. *International Medical Journal* 2015, 22, 171–174.

11. Pran, L.; Baijoo, S.; Harnanan, D.; Slim, H.; Maharaj, R.; Naraynsingh, V. Quality of Life Experienced by Major Lower Extremity Amputees. *Cureus* **2021**, *13*, doi:10.7759/cureus.17440.
12. Priyadharshan, K.P.; Kumar, N.; Shanmugam, D.; Kadambari, D.; Kar, S.S. Quality of Life in Lower Limb Amputees: A Cross-Sectional Study from a Tertiary Care Center of South India. *Prosthet. Orthot. Int.* **2022**, *46*, 246–251, doi:10.1097/PXR.000000000000108.
13. Nizamli, F.M. Quality of Life among Syrian Patients with War-Related Lower Limb Amputation at the Military Hospital in Lattakia. *Int. J. Nurs. Sci.* **2020**, *7*, 297–302, doi:10.1016/j.ijnss.2020.05.001.
14. Kizilkurt, O.K.; Kizilkurt, T.; Gulec, M.Y.; Giynas, F.E.; Polat, G.; Kilicoglu, O.I.; Gulec, H. Quality of Life after Lower Extremity Amputation Due to Diabetic Foot Ulcer: The Role of Prosthesis-Related Factors, Body Image, Self-Esteem, and Coping Styles. *Dusunen Adam* **2020**, *33*, 109–119, doi:10.14744/DAJPNS.2020.00070.
15. Davie-Smith, F.; Coulter, E.; Kennon, B.; Wyke, S.; Paul, L. Factors Influencing Quality of Life Following Lower Limb Amputation for Peripheral Arterial Occlusive Disease: A Systematic Review of the Literature. *Prosthet. Orthot. Int.* **2017**, *41*, 537–547.
16. Marshall, C.; Barakat, T.; Stansby, G. Amputation and Rehabilitation. *Surgery (United Kingdom)* **2016**, *34*, 188–191.
17. Taylor, S.M.; Kalbaugh, C.A.; Blackhurst, D.W.; Hamontree, S.E.; Cull, D.L.; Messich, H.S.; Robertson, R.T.; Langan, E.M.; York, J.W.; Carsten, C.G.; et al. Preoperative Clinical Factors Predict Postoperative Functional Outcomes after Major Lower Limb Amputation: An Analysis of 553 Consecutive Patients. *J. Vasc. Surg.* **2005**, *42*, 227–234, doi:10.1016/j.jvs.2005.04.015.
18. Cox, P.S.L.; Williams, S.; Weaver, S. Life after Lower Extremity Amputation in Diabetics La Vida Tras La Amputación de Las Extremidades Inferiores Por Diabetes. *West Indian Med J* **2011**, *60*, 536–540.
19. Polfer, E.M.; Hoyt, B.W.; Bevevino, A.J.; Forsberg, J.A.; Potter, B.K. Knee Disarticulations Versus Transfemoral Amputations: Functional Outcomes. *J. Orthop. Trauma* **2019**, *33*, 308–311, doi:10.1097/BOT.0000000000001440.
20. Hisam, A.; Ashraf, F.; Rana, M.N.; Waqar Yumna; Karim Sumaiyya; Irfan Fatima Health Related Quality of Life in Patients with Single Lower Limb Amputation. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan* **2016**, *26*, 851–854.

21. Norvell, D.C.; Turner, A.P.; Williams, R.M.; Hakimi, K.N.; Czerniecki, J.M. Defining Successful Mobility after Lower Extremity Amputation for Complications of Peripheral Vascular Disease and Diabetes. *J. Vasc. Surg.* **2011**, *54*, 412–419, doi:10.1016/j.jvs.2011.01.046.
22. Abdelgadir, M.; Shebeika, W.; Eltom, M.; Berne, C.; Wikblad, K. Health Related Quality of Life and Sense of Coherence in Sudanese Diabetic Subjects with Lower Limb Amputation. *Tohoku J. Exp. Med* **2009**, *217*, 45–50.
23. Adegoke, B.A.O.; Kehinde, A.O.; Akosile, C.O.; Oyeyemi, A.L. Quality of Life of Nigerians with Unilateral Lower Limb Amputation. *Asia Pacific Disability Rehabilitation Journal* **2012**, *23*, 76–89, doi:10.5463/DCID.v23i4.192.
24. Cimino, S.R.; Vijayakumar, A.; MacKay, C.; Mayo, A.L.; Hitzig, S.L.; Guilcher, S.J.T. Sex and Gender Differences in Quality of Life and Related Domains for Individuals with Adult Acquired Lower-Limb Amputation: A Scoping Review. *Disabil. Rehabil.* **2022**, *44*, 6899–6925, doi:10.1080/09638288.2021.1974106.
25. von Kaeppler, E.P.; Hetherington, A.; Donnelley, C.A.; Ali, S.H.; Shirley, C.; Challa, S.T.; Lutyens, E.; Haonga, B.T.; Morshed, S.; Andrysek, J.; et al. Impact of Prostheses on Quality of Life and Functional Status of Transfemoral Amputees in Tanzania. *Afr. J. Disabil.* **2021**, *10*, 1–10, doi:10.4102/AJOD.V10I0.839.
26. Lerner, R.K.; Esterhai, J.L.; Polomano, R.C.; Cheatle, M.D.; Bruce Heppenstall, R.; Esterhai, J. Quality of Life Assessment of Patients With Posttraumatic Fracture Nonunion, Chronic Refractory Osteomyelitis, and Lower-Extremity Amputation. *Clin. Orthop. Relat. Res.* **1993**, *295*, 28–36.
27. Demet, K.; Martinet, N.; Guillemin, F.; Paysant, J.; André, J.M. Health Related Quality of Life and Related Factors in 539 Persons with Amputation of Upper and Lower Limb. *Disabil. Rehabil.* **2003**, *25*, 480–486, doi:10.1080/0963828031000090434.
28. Asano, M.; Rushton, P.; Miller, W.C.; Deathe, B.A. Predictors of Quality of Life among Individuals Who Have a Lower Limb Amputation. *Prosthet. Orthot. Int.* **2008**, *32*, 231–243, doi:10.1080/03093640802024955.
29. Mac Neill, H.L.; Devlin, M.; Pauley, T.; Yudin, A. Long-Term Outcomes and Survival of Patients with Bilateral Transtibial Amputations after Rehabilitation. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* **2008**, *87*, 189–196, doi:10.1097/PHM.0b013e31816178cc.
30. Davie-Smith, F.; Paul, L.; Stuart, W.; Kennon, B.; Young, R.; Wyke, S. The Influence of Socio-Economic Deprivation on Mobility, Participation, and Quality of Life Following Major Lower Extremity Amputation in the West of Scotland.

- European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* **2019**, *57*, 554–560, doi:10.1016/j.ejvs.2018.10.011.
31. Williams, R.M.; Ehde, D.M.; Smith, D.G.; Czerniecki, J.M.; Hoffman, A.J.; Robinson, L.R. A Two-Year Longitudinal Study of Social Support Following Amputation. *Disabil. Rehabil.* **2004**, *26*, 862–874, doi:10.1080/09638280410001708878.
 32. Akyol, Y.; Tander, B.; Göktepe, A.S.; Safaz, I.; Kuru, O.; Tan, A.K. The Relationship of Fibromyalgia Syndrome with Neuropathic Pain, Quality of Life and Emotional Status in Male Traumatic Lower Limb Amputees. *J. Musculoskelet. Pain* **2012**, *20*, 87–94, doi:10.3109/10582452.2012.673548.
 33. Makovski, T.T.; Schmitz, S.; Zeegers, M.P.; Stranges, S.; van den Akker, M. Multimorbidity and Quality of Life: Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *Ageing Res. Rev.* **2019**, *53*, 1568–1637, doi:10.1016/j.arr.2019.04.005.
 34. Coffey, L.; Gallagher, P.; Desmond, D. Goal Pursuit and Goal Adjustment as Predictors of Disability and Quality of Life among Individuals with a Lower Limb Amputation: A Prospective Study. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2014**, *95*, 244–252, doi:10.1016/j.apmr.2013.08.011.
 35. Pedras, S.; Vilhena, E.; Carvalho, R.; Pereira, M.G. Quality of Life Following a Lower Limb Amputation in Diabetic Patients: A Longitudinal and Multicenter Study. *Psychiatry (New York)* **2020**, *83*, 47–57, doi:10.1080/00332747.2019.1672438.
 36. Keeling, J.J.; Shawen, S.B.; Forsberg, J.A.; Kirk, K.L.; Hsu, J.R.; Gwinn, D.E.; Potter, B.K. Comparison of Functional Outcomes Following Bridge Synostosis with Non-Bone-Bridging Transtibial Combat-Related Amputations. *Journal of Bone and Joint Surgery* **2013**, *95*, 888–893, doi:10.2106/JBJS.L.00423.
 37. Shutze, W.; Gable, D.; Ogola, G.; Eidt, J. Prosthetic Outcomes after Amputation and the Impact of Mobility Level on Survival. In Proceedings of the Journal of Vascular Surgery; Elsevier Inc., September 1 2024; Vol. 80, pp. 873–881.
 38. Spaan, M.H.; Vrieling, A.H.; van de Berg, P.; Dijkstra, P.U.; van Keeken, H.G. Predicting Mobility Outcome in Lower Limb Amputees with Motor Ability Tests Used in Early Rehabilitation. *Prosthet. Orthot. Int.* **2017**, *41*, 171–177, doi:10.1177/0309364616670397.
 39. Czerniecki, J.M.; Turner, A.P.; Williams, R.M.; Thompson, M. Lou; Landry, G.; Hakimi, K.; Speckman, R.; Norvell, D.C. The Development and Validation of the AMPREDICT Model for Predicting Mobility Outcome after Dysvascular Lower Extremity Amputation. *J. Vasc. Surg.* **2017**, *65*, 162-171.e3, doi:10.1016/j.jvs.2016.08.078.

40. Sansam, K.; Neumann, V.; O'Connor, R.; Bhakta, B. Predicting Walking Ability Following Lower Limb Amputation: A Systematic Review of the Literature. *J. Rehabil. Med.* 2009, *41*, 593–603.
41. Sawers, A.B.; Hafner, B.J. Outcomes Associated with the Use of Microprocessor-Controlled Prosthetic Knees among Individuals with Unilateral Transfemoral Limb Loss: A Systematic Review. *J. Rehabil. Res. Dev.* **2013**, *50*, 273–314, doi:10.1682/JRRD.2011.10.0187.
42. Theeven, P.J.; Hemmen, B.; Brink, P.R.; Smeets, R.J.; Seelen, H.A. Measures and Procedures Utilized to Determine the Added Value of Microprocessor-Controlled Prosthetic Knee Joints: A Systematic Review. *BMC Musculoskelet. Disord.* **2013**, 333.
43. Kannenberg, A.; Zacharias, B.; Pröbsting, E. Benefits of Microprocessor-Controlled Prosthetic Knees to Limited Community Ambulators: Systematic Review. *J. Rehabil. Res. Dev.* 2014, *51*, 1469–1496.
44. Mileusnic, M.P.; Rettinger, L.; Highsmith, M.J.; Hahn, A. Benefits of the Genium Microprocessor Controlled Prosthetic Knee on Ambulation, Mobility, Activities of Daily Living and Quality of Life: A Systematic Literature Review. *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.* 2021, *16*, 453–464.
45. Thibaut, A.; Beudart, C.; Noordhout, B.M.; Geers, S.; Kaux, J.F.; Pelzer, D. Impact of Microprocessor Prosthetic Knee on Mobility and Quality of Life in Patients with Lower Limb Amputation: A Systematic Review of the Literature. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* 2022, *58*, 452–461.
46. Theeven, P.; Hemmen, B.; Rings, F.; Meys, G.; Brink, P.; Smeets, R.; Seelen, H. Functional Added Value of Microprocessor-Controlled Prosthetic Knee Joints in Daily Life Performance of Medicare Functional Classification Level-2 Amputees. *J. Rehabil. Med.* **2011**, *43*, 906–915, doi:10.2340/16501977-0861.
47. Lura, D.J.; Wernke, M.M.; Carey, S.L.; Kahle, J.T.; Miro, R.M.; Highsmith, M.J. Differences in Knee Flexion between the Genium and C-Leg Microprocessor Knees While Walking on Level Ground and Ramps. *Clinical Biomechanics* **2015**, *30*, 175–181, doi:10.1016/j.clinbiomech.2014.12.003.
48. Highsmith, M.J.; Klenow, T.D.; Kahle, J.T.; Wernke, M.M.; Carey, S.L.; Miro, R.M.; Lura, D.J. Effects of the Genium Microprocessor Knee System On Knee Moment Symmetry During Hill Walking. *Technol. Innov.* **2016**, *18*, 151–157, doi:10.21300/18.2-3.2016.151.
49. Highsmith, M.J.; Kahle, J.T.; Miro, R.M.; Cress, M.E.; Lura, D.J.; Quillen, W.S.; Carey, S.L.; Dubey, R. V.; Mengelkoch, L.J. Functional Performance Differences

- between the Genium and C-Leg Prosthetic Knees and Intact Knees. *J. Rehabil. Res. Dev.* **2016**, *53*, 753–766, doi:10.1682/JRRD.2014.06.0149.
50. Highsmith, M.J.; Kahle, J.T.; Wernke, M.M.; Carey, S.L.; Miro, R.M.; Lura, D.J.; Sutton, B.S. Effects of the Genium Knee System On Functional Level, Stair Ambulation, Perceptive and Economic Outcomes In Transfemoral Amputees. *Technol. Innov.* **2016**, *18*, 139–150, doi:10.21300/18.2-3.2016.139.
51. Lansade, C.; Vicaut, E.; Paysant, J.; Ménager, D.; Cristina, M.C.; Braatz, F.; Domayer, S.; Pérennou, D.; Chiesa, G. Mobility and Satisfaction with a Microprocessor-Controlled Knee in Moderately Active Amputees: A Multi-Centric Randomized Crossover Trial. *Ann. Phys. Rehabil. Med.* **2018**, *61*, 278–285, doi:10.1016/j.rehab.2018.04.003.
52. Lura, D.J.; Wernke, M.W.; Carey, S.L.; Kahle, J.T.; Miro, R.M.; Highsmith, M.J. Crossover Study of Amputee Stair Ascent and Descent Biomechanics Using Genium and C-Leg Prostheses with Comparison to Non-Amputee Control. *Gait Posture* **2017**, *58*, 103–107, doi:10.1016/j.gaitpost.2017.07.114.
53. Highsmith, M.J.; Kahle, J.T.; Miro, R.M.; Mengelkoch, L.J. Ramp Descent Performance with the C-Leg and Interrater Reliability of the Hill Assessment Index. *Prosthet. Orthot. Int.* **2013**, *37*, 362–368, doi:10.1177/0309364612470482.
54. Şen, E.İ.; Aydın, T.; Buğdaycı, D.; Kesiktaş, F.N. Effects of Microprocessor-Controlled Prosthetic Knees on Self-Reported Mobility, Quality of Life, and Psychological States in Patients with Transfemoral Amputations. *Acta Orthop. Traumatol. Turc.* **2020**, *54*, 502–506, doi:10.5152/j.aott.2020.19269.
55. Kaufman, K.R.; Bernhardt, K.A.; Symms, K. Functional Assessment and Satisfaction of Transfemoral Amputees with Low Mobility (FASTK2): A Clinical Trial of Microprocessor-Controlled vs. Non-Microprocessor-Controlled Knees. *Clinical Biomechanics* **2018**, *58*, 116–122, doi:10.1016/j.clinbiomech.2018.07.012.
56. Burçak, B.; Kesikburun, B.; Köseoğlu, B.F.; Öken, Ö.; Doğan, A. Quality of Life, Body Image, and Mobility in Lower-Limb Amputees Using High-Tech Prostheses: A Pragmatic Trial. *Ann. Phys. Rehabil. Med.* **2021**, *64*, doi:10.1016/j.rehab.2020.03.016.
57. Lansade, C.; Chiesa, G.; Paysant, J.; Vicaut, E.; Cristina, M.C.; Ménager, D. Impact of C-LEG on Mobility, Satisfaction and Quality of Life in a Multicenter Cohort of Femoral Amputees. *Ann. Phys. Rehabil. Med.* **2021**, *64*, doi:10.1016/j.rehab.2020.03.011.

58. Podsiadlo, J.D.; Bscpt, S.; Richardson, M.D.J. *The Timed "Up & Go": A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons*; 1991; Vol. 39;.
59. Hafner, B.J.; Morgan, S.J.; Askew, R.L.; Salem, R. Psychometric Evaluation of Self-Report Outcome Measures for Prosthetic Applications. *J. Rehabil. Res. Dev.* **2016**, *53*, 797–812, doi:10.1682/JRRD.2015.12.0228.
60. Hagberg, K.; Brånemark, R.; Hägg, O. Questionnaire for Persons with a Transfemoral Amputation (Q-TFA): Initial Validity and Reliability of a New Outcome Measure. *J. Rehabil. Res. Dev.* **2004**, *41*, 695–705, doi:10.1682/JRRD.2003.11.0167.
61. Legro, M.W.; Reiber, G.D.; Smith, D.G.; Del Aguila, M.; Larsen, J.; Boone, D. Prosthesis Evaluation Questionnaire for Persons with Lower Limb Amputations: Assessing Prosthesis-Related Quality of Life. *Arch Phys Med Rehabil* **1998**, 931–938.
62. Möller, S.; Rusaw, D.; Hagberg, K.; Ramstrand, N. Reduced Cortical Brain Activity with the Use of Microprocessor-Controlled Prosthetic Knees during Walking. *Prosthet. Orthot. Int.* **2019**, *43*, 257–265, doi:10.1177/0309364618805260.
63. Maidan, I.; Bernad-Elazari, H.; Gazit, E.; Giladi, N.; Hausdorff, J.M.; Mirelman, A. Changes in Oxygenated Hemoglobin Link Freezing of Gait to Frontal Activation in Patients with Parkinson Disease: An FNIRS Study of Transient Motor-Cognitive Failures. *J. Neurol.* **2015**, *262*, 899–908, doi:10.1007/s00415-015-7650-6.
64. Maidan, I.; Nieuwhof, F.; Bernad-Elazari, H.; Reelick, M.F.; Bloem, B.R.; Giladi, N.; Deutsch, J.E.; Hausdorff, J.M.; Claassen, J.A.H.; Mirelman, A. The Role of the Frontal Lobe in Complex Walking among Patients with Parkinson's Disease and Healthy Older Adults: An FNIRS Study. *Neurorehabil. Neural Repair* **2016**, *30*, 963–971, doi:10.1177/1545968316650426.
65. Chaparro, G.; Balto, J.M.; Sandroff, B.M.; Holtzer, R.; Izzetoglu, M.; Motl, R.W.; Hernandez, M.E. Frontal Brain Activation Changes Due to Dual-Tasking under Partial Body Weight Support Conditions in Older Adults with Multiple Sclerosis. *J. Neuroeng. Rehabil.* **2017**, *14*, doi:10.1186/s12984-017-0280-8.
66. Pelzer, D.; Beaudart, C.; Bornheim, S.; Maertens de Noordhout, B.; Schwartz, C.; Kaux, J.F. Outcomes of Patients with Lower Limb Loss after Using a Training Prosthesis: A Retrospective Case Series Study. *Healthcare (Switzerland)* **2024**, *12*, doi:10.3390/healthcare12050567.
67. <https://www.inami.fgov.be>.

68. New, P.W.; Stockman, K.; Cameron, P.A.; Olver, J.H.; Stoelwinder, J.U. Computer Simulation of Improvements in Hospital Length of Stay for Rehabilitation Patients. *J. Rehabil. Med.* **2015**, *47*, 403–411, doi:10.2340/16501977-1957.
69. Chislett, M.; Ploughman, M.; McCarthy, J. Factors Associated With Prolonged Length of Stay and Failed Lower Limb Prosthetic Fitting During Inpatient Rehabilitation. In Proceedings of the Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation; Elsevier Inc., December 1 2020; Vol. 2.
70. Scott, S.W.M.; Bowrey, S.; Clarke, D.; Choke, E.; Bown, M.J.; Thompson, J.P. Factors Influencing Short- and Long-Term Mortality after Lower Limb Amputation. *Anaesthesia* **2014**, *69*, 249–258, doi:10.1111/anae.12532.
71. Mukkamala, N.; Vala, S. Functional Mobility in Individuals With Lower Limb Amputation: An Observational Study. *Cureus* **2024**, doi:10.7759/cureus.52759.
72. Seth, M.; Pohlig, R.T.; Hicks, G.E.; Sions, J.M. Clinical Mobility Metrics Estimate and Characterize Physical Activity Following Lower-Limb Amputation. *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.* **2022**, *14*, doi:10.1186/s13102-022-00518-x.
73. Beisheim, E.H.; Horne, J.R.; Pohlig, R.T.; Sions, J.M. Differences in Measures of Strength and Dynamic Balance among Individuals with Lower-Limb Loss Classified as Functional Level K3 Versus K4. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* **2019**, *98*, 745–750, doi:10.1097/PHM.0000000000001183.
74. Dillon, M.P.; Major, M.J.; Kaluf, B.; Balasanov, Y.; Fatone, S. Predict the Medicare Functional Classification Level (K-Level) Using the Amputee Mobility Predictor in People with Unilateral Transfemoral and Transtibial Amputation: A Pilot Study. *Prosthet. Orthot. Int.* **2018**, *42*, 191–197, doi:10.1177/0309364617706748.
75. Singh, R.K.; Prasad, G. Long-Term Mortality after Lower-Limb Amputation. *Prosthet. Orthot. Int.* **2016**, *40*, 545–551, doi:10.1177/0309364615596067.
76. Reisoğlu, A.; Turgut, A.; Filibeli, M.; İncesu, M.; Yalçın, E.; Parlar, O. Analysis of the Factors Affecting Mortality after Non-Traumatic Major Lower Extremity Amputations. *Acta Orthop. Traumatol. Turc.* **2022**, *56*, 377–383, doi:10.5152/j.aott.2022.22096.
77. Karaali, E.; Duramaz, A.; Çiloğlu, O.; Yalın, M.; Atay, M.; Aslantaş, F.Ç. Factors Affecting Activities of Daily Living, Physical Balance, and Prosthesis Adjustment in Non-Traumatic Lower Limb Amputees. *Turk. J. Phys. Med. Rehabil.* **2021**, *66*, 405–412, doi:10.5606/TFTRD.2020.4623.
78. Gaunard, I.; Kristal, A.; Horn, A.; Krueger, C.; Muro, O.; Rosenberg, A.; Gruben, K.; Kirk-Sanchez, N.; Pasquina, P.; Gailey, R. The Utility of the 2-Minute Walk Test

- as a Measure of Mobility in People With Lower Limb Amputation. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2020**, *101*, 1183–1189, doi:10.1016/j.apmr.2020.03.007.
79. Meyer, A.C.; Modig, K. The Role of Having Children for the Incidence of and Survival after Hip Fracture – A Nationwide Cohort Study. *Bone* **2021**, *145*, doi:10.1016/j.bone.2021.115873.
 80. Antczak, R.; Quashie, N.T.; Mair, C.A.; Arpino, B. Less Is (Often) More: Number of Children and Health Among Older Adults in 24 Countries. *Journals of Gerontology - Series B Psychological Sciences and Social Sciences* **2023**, *78*, 1892–1902, doi:10.1093/geronb/gbad123.
 81. Lindmarker, J.; Kolk, M.; Drefahl, S. Cohabitation and Mortality Across the Life Course: A Longitudinal Cohort Study with Swedish Register-Based Sibling Comparisons. *European Journal of Population* **2025**, *41*, doi:10.1007/s10680-024-09722-6.
 82. Perelli-Harris, B.; Styrc, M. Mental Well-Being Differences in Cohabitation and Marriage: The Role of Childhood Selection. *Journal of Marriage and Family* **2018**, *80*, 239–255, doi:10.1111/jomf.12431.
 83. Grundström, J.; Konttinen, H.; Berg, N.; Kiviruusu, O. Associations between Relationship Status and Mental Well-Being in Different Life Phases from Young to Middle Adulthood. *SSM Popul. Health* **2021**, *14*, doi:10.1016/j.ssmph.2021.100774.
 84. Handley, T.E.; Lewin, T.J.; Butterworth, P.; Kelly, B.J. Employment and Retirement Impacts on Health and Wellbeing among a Sample of Rural Australians. *BMC Public Health* **2021**, *21*, doi:10.1186/s12889-021-10876-9.
 85. Han, S.H. Health Consequences of Retirement Due to Non-Health Reasons or Poor Health. *Soc. Sci. Med.* **2021**, *273*, doi:10.1016/j.socscimed.2021.113767.
 86. Anderson, D.R.; Roubinov, D.S.; Turner, A.P.; Williams, R.M.; Norvell, D.C.; Czerniecki, J.M. Perceived Social Support Moderates the Relationship between Activities of Daily Living and Depression after Lower Limb Loss. *Rehabil. Psychol.* **2017**, *62*, 214–220, doi:10.1037/rep0000133.
 87. Noori, M.A.K.; Al-Obaidi, M.J.L. Social Interaction and Its Association with Quality of Life among Lower Limb Amputees. *Iranian Journal of War and Public Health* **2024**, *16*, 161–167, doi:10.58209/ijwph.16.2.161.
 88. Aljarrah, Q.; Allouh, M.Z.; Bakkar, S.; Aleshawi, A.; Obeidat, H.; Hijazi, E.; Al-Zoubi, N.; Alalem, H.; Mazahreh, T. Major Lower Extremity Amputation: A Contemporary Analysis from an Academic Tertiary Referral Centre in a Developing Community. *BMC Surg.* **2019**, *19*, doi:10.1186/s12893-019-0637-y.

89. Aboyans, V.; Criqui, M.H.; Abraham, P.; Allison, M.A.; Creager, M.A.; Diehm, C.; Gerry Fowkes, F.R.; Hiatt, W.R.; Jö nsson, B.; Lacroix, P.; et al. Measurement and Interpretation of the Ankle-Brachial Index: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* **2012**, *126*, 2890–2909, doi:10.1161/CIR.0b013e318276fbcf/-/DC1.
90. Humphers, J.M.; Shibuya, N.; Fluhman, B.L.; Jupiter, D. The Impact of Glycosylated Hemoglobin and Diabetes Mellitus on Wound-Healing Complications and Infection After Foot and Ankle Surgery. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* **2014**, *104*, 320–329.
91. Christman, A.L.; Selvin, E.; Margolis, D.J.; Lazarus, G.S.; Garza, L.A. Hemoglobin A1C Predicts Healing Rate in Diabetic Wounds. *Journal of Investigative Dermatology* **2011**, *131*, 2121–2127, doi:10.1038/jid.2011.176.
92. Kim, T.G.; Moon, S.Y.; Park, M.S.; Kwon, S.S.; Jung, K.J.; Lee, T.; Kim, B.K.; Yoon, C.; Lee, K.M. Factors Affecting Length of Hospital Stay and Mortality in Infected Diabetic Foot Ulcers Undergoing Surgical Drainage without Major Amputation. *J. Korean Med. Sci.* **2016**, *31*, 120–124, doi:10.3346/jkms.2016.31.1.120.
93. Lind, J.; Kramhoft, M.; Bbdtker, S. The Influence of Smoking on Complications After Primary Amputations of the Lower Extremity. *Clin. Orthop. Relat. Res.* **1991**, *267*, 211–217.
94. Turner, A.P.; Williams, R.M.; Norvell, D.C.; Henderson, A.W.; Hakimi, K.N.; Blake, D.J.; Czerniecki, J.M. Prevalence and 1-Year Course of Alcohol Misuse and Smoking in Persons with Lower Extremity Amputation as a Result of Peripheral Arterial Disease. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* **2014**, *93*, 493–502, doi:10.1097/PHM.0000000000000055.
95. Norvell, D.C.; Czerniecki, J.M. Risks and Risk Factors for Ipsilateral Re-Amputation in the First Year Following First Major Unilateral Dysvascular Amputation. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* **2020**, *60*, 614–621, doi:10.1016/j.ejvs.2020.06.026.
96. Venkataraman, K.; Fong, N.P.; Chan, K.M.; Tan, B.Y.; Menon, E.; Ee, C.H.; Lee, K.K.; Koh, G.C.H. Rehabilitation Outcomes After Inpatient Rehabilitation for Lower Extremity Amputations in Patients With Diabetes. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2016**, *97*, 1473–1480, doi:10.1016/j.apmr.2016.04.009.
97. Marquez, M.G.; Kowgier, M.; Journeay, W.S. Comorbidity and Non-Prosthetic Inpatient Rehabilitation Outcomes after Dysvascular Lower Extremity Amputation. *Canadian Prosthetics and Orthotics Journal* **2020**, *3*, doi:10.33137/cpoj.v3i1.33916.

98. Cheng, R.; Smith, S.R.; Kalpakjian, C.Z. Comorbidity Has No Impact on Unplanned Discharge or Functional Gains in Persons with Dysvascular Amputation. *J. Rehabil. Med.* **2019**, *51*, 369–375, doi:10.2340/16501977-2554.
99. Dubin, A.; Zarreii, P.; Sharififar, S.; Nixon, R.M.; Conic, R.R.Z.; Pendem, K.; Vincent, H.K. The Impact of Body Mass Index on Rehabilitation Outcomes after Lower Limb Amputation. *PM and R* **2025**, *17*, 539–547, doi:10.1002/pmrj.13292.
100. Burke, D.T.; Al-Adawi, S.; Jain, N.B.; Burke, D.P. The Effect of Body Mass Index on Rehabilitation of Patients with Amputation. *Journal of Prosthetics and Orthotics* **2018**, *30*, 202–206, doi:10.1097/JPO.0000000000000208.
101. Larner, S.; van Ross, E.; Hale, C. Do Psychological Measures Predict the Ability of Lower Limb Amputees to Learn to Use a Prosthesis? *Clin. Rehabil.* **2003**, *17*, 493–498, doi:10.1191/0269215503cr641oa.
102. Singh, R.; Hunter, J.; Philip, A. The Rapid Resolution of Depression and Anxiety Symptoms after Lower Limb Amputation. *Clin. Rehabil.* **2007**, *21*, 754–759, doi:10.1177/0269215507077361.
103. Mundell, B.F.; Kremers, H.M.; Visscher, S.; Hoppe, K.M.; Kaufman, K.R. Predictors of Receiving a Prosthesis for Adults With Above-Knee Amputations in a Well-Defined Population. *PM and R* **2016**, *8*, 730–737, doi:10.1016/j.pmrj.2015.11.012.
104. Kurichi, J.E.; Ripley, D.C.; Xie, D.; Kwong, P.L.; Bates, B.E.; Stineman, M.G. Factors Associated With Home Discharge After Rehabilitation Among Male Veterans With Lower Extremity Amputation. *PM and R* **2013**, *5*, 408–417, doi:10.1016/j.pmrj.2012.09.578.
105. Sagawa, Y.; Turcot, K.; Armand, S.; Thevenon, A.; Vuillerme, N.; Watelain, E. Biomechanics and Physiological Parameters during Gait in Lower-Limb Amputees: A Systematic Review. *Gait Posture* **2011**, *33*, 511–526.
106. Prinsen, E.C.; Nederhand, M.J.; Rietman, J.S. Adaptation Strategies of the Lower Extremities of Patients with a Transtibial or Transfemoral Amputation during Level Walking: A Systematic Review. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2011**, *92*, 1311–1325.
107. Crozara, L.; Marques, N.; LaRoche, D.; Pereira, A.; Silva, F.; Flores, R.; Payão, S. Hip Extension Power and Abduction Power Asymmetry as Independent Predictors of Walking Speed in Individuals with Unilateral Lower-Limb Amputation. *Gait Posture* **2019**, *70*, 383–388.

108. Heitzmann, D.W.W.; Leboucher, J.; Block, J.; Günther, M.; Putz, C.; Götze, M.; Wolf, S.I.; Alimusaj, M. The Influence of Hip Muscle Strength on Gait in Individuals with a Unilateral Transfemoral Amputation. *PLoS One* **2020**, *15*, doi:10.1371/journal.pone.0238093.
109. Miller, R.H.; Esposito, E.R. Transtibial Limb Loss Does Not Increase Metabolic Cost in Three-Dimensional Computer Simulations of Human Walking. *PeerJ* **2021**, *9*, doi:10.7717/peerj.11960.
110. Esposito, E.R.; Miller, R.H. Maintenance of Muscle Strength Retains a Normal Metabolic Cost in Simulated Walking after Transtibial Limb Loss. *PLoS One* **2018**, *13*, doi:10.1371/journal.pone.0191310.
111. Jarvis, H.L.; Bennett, A.N.; Twiste, M.; Phillip, R.D.; Etherington, J.; Baker, R. Temporal Spatial and Metabolic Measures of Walking in Highly Functional Individuals With Lower Limb Amputations. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2017**, *98*, 1389–1399, doi:10.1016/j.apmr.2016.09.134.
112. Krause, D.A.; Neuger, M.D.; Lambert, K.A.; Johnson, A.E.; DeVinny, H.A.; Hollman, J.H. Effects of Examiner Strength on Reliability of Hip-Strength Testing Using a Handheld Dynamometer. *J. Sport Rehabil.* **2014**, *23*, 56–64, doi:10.1123/JSR.2012-0070.
113. Click Fenter, P.; Bellew, J.W.; Pitts, T.A. *Reliability of Stabilised Commercial Dynamometers for Measuring Hip Abduction Strength: A Pilot Study*; 2003; Vol. 37;.
114. Stark, T.; Walker, B.; Phillips, J.; Fejer, R.; Beck, R. Hand-Held Dynamometry Correlation with the Gold Standard Isokinetic Dynamometry: A Systematic Review. *PM&R* **2011**, *3*, 472–479.
115. Mentiplay, B.F.; Perraton, L.G.; Bower, K.J.; Adair, B.; Pua, Y.H.; Williams, G.P.; McGaw, R.; Clark, R.A. Assessment of Lower Limb Muscle Strength and Power Using Hand-Held and Fixed Dynamometry: A Reliability and Validity Study. *PLoS One* **2015**, *10*, doi:10.1371/journal.pone.0140822.
116. Leijendekkers, R.A.; Van Hinte, G.; Sman, A.D.; Staal, J.B.; Nijhuis-Van Der Sanden, M.W.G.; Hoogbeem, T.J. Clinimetric Properties of Hip Abduction Strength Measurements Obtained Using a Handheld Dynamometer in Individuals with a Lower Extremity Amputation. *PLoS One* **2017**, *12*, doi:10.1371/journal.pone.0179887.
117. Boutaayamou, M.; Pelzer, D.; Schwartz, C.; Gillain, S.; Garraux, G.; Croisier, J.L.; Verly, J.G.; Bröls, O. Toward Convenient and Accurate IMU-Based Gait Analysis. *Sensors* **2025**, *25*, doi:10.3390/s25041267.

118. Pauley, T.; Devlin, M.; Madan-Sharma, P. A Single-Blind, Cross-over Trial of Hip Abductor Strength Training to Improve Timed up & Go Performance in Patients with Unilateral, Transfemoral Amputation. *J. Rehabil. Med.* **2014**, *46*, 264–270, doi:10.2340/16501977-1270.
119. Cheifetz, O.; Bayley, M.; Grad, S.; Lambert, D.; Watson, C.; Minor, K. The Lower Limb Amputee Measurement Scale: Reliability and Predictive Validity. *Prosthet. Orthot. Int.* **2007**, *31*, 300–312, doi:10.1080/03093640601044311.
120. Coffey, L.; O’Keeffe, F.; Gallagher, P.; Desmond, D.; Lombard-Vance, R. Cognitive Functioning in Persons with Lower Limb Amputations: A Review. *Disabil. Rehabil.* **2012**, *34*, 1950–1964.
121. Bartos, A.; Raisova, M. The Mini-Mental State Examination: Czech Norms and Cutoffs for Mild Dementia and Mild Cognitive Impairment Due to Alzheimer’s Disease. *Dement. Geriatr. Cogn. Disord.* **2016**, *42*, 50–57, doi:10.1159/000446426.
122. Folstein, M.F.; Folstein, S.E.; Mchugh, P.R. “MINI-MENTAL STATE” A PRACTICAL METHOD FOR GRADING THE COGNITIVE STATE OF PATIENTS FOR THE CLINICIAN*. *J. Psychiatr. Res.* **1975**, *12*, 189–198.
123. Tombaugh, T.N.; McIntyre, N.J. The Mini-Mental State Examination: A Comprehensive Review. *J. Am. Geriatr. Soc.* **1992**, *40*.
124. Major, M.J.; Fatone, S.; Roth, E.J. Validity and Reliability of the Berg Balance Scale for Community-Dwelling Persons with Lower-Limb Amputation. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2013**, *94*, 2194–2202, doi:10.1016/j.apmr.2013.07.002.
125. Zhang, X.; Liu, Z.; Qiu, G. Measuring Balance Abilities of Transtibial Amputees Using Multiattribute Utility Theory. *Biomed Res. Int.* **2021**, *2021*, doi:10.1155/2021/8340367.
126. Johansson J R; Jensen, L.J.; Barnett, C.T.; Rusaw, D.F. Quantitative Methods Used to Evaluate Balance, Postural Control and the Fear of Falling in Lower Limb Prosthesis Users: A Systematic Review. *Prosthet. Orthot. Int.* **2023**, *47*, 586–598.
127. Finco, M.G.; Sumien, N.; Moudy, S.C. Clinical Evaluation of Fall Risk in Older Adults Who Use Lower-Limb Prostheses: A Scoping Review. *J. Am. Geriatr. Soc.* **2023**, *71*, 959–967.
128. Department of Health and Human Services, H.F.A.C. for H.P. and P. *HCFA Common Procedure Coding System (HCPCS) 2001-Documentation; 2000;*
129. Webster, J.B.; Hakimi, K.N.; Williams, R.M.; Turner, A.P.; Norvell, D.C.; Czerniecki, J.M. Prosthetic Fitting, Use, and Satisfaction Following Lower-Limb Amputation: A Prospective Study. *J Rehabil Res Dev* **2012**, *49*, 1453–1504.

130. De Boer, M.; Shiraev, T.; Waller, J.; Aitken, S.; Qasabian, R. Patient and Geographical Disparities in Functional Outcomes After Major Lower Limb Amputation in Australia. *Ann. Vasc. Surg.* **2022**, *85*, 125–132.
131. Stineman, M.G.; Kwong, P.L.; Kurichi, J.E.; Prvu-Bettger, J.A.; Vogel, W.B.; Maislin, G.; Bates, B.E.; Reker, D.M. The Effectiveness of Inpatient Rehabilitation in the Acute Postoperative Phase of Care After Transtibial or Transfemoral Amputation: Study of an Integrated Health Care Delivery System. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2008**, *89*, 1863–1872, doi:10.1016/j.apmr.2008.03.013.
132. Stineman, M.G.; Kwong, P.L.; Xie, D.; Kurichi, J.E.; Ripley, D.C.; Brooks, D.M.; Bidelspach, D.E.; Bates, B.E. Prognostic Differences for Functional Recovery After Major Lower Limb Amputation: Effects of the Timing and Type of Inpatient Rehabilitation Services in the Veterans Health Administration. *PM and R* **2010**, *2*, 232–243, doi:10.1016/j.pmrj.2010.01.012.
133. Saeedi, M.; MacDermid, J.C.; Packham, T.; Szekeres, M.; Parikh, P. Predictive Factors of Functional Mobility in Adults with Lower-Limb Amputation: A Prognostic Systematic Review. *Prosthet. Orthot. Int.* **2025**, doi:10.1097/PXR.0000000000000495.
134. Wong, C.K.; Gibbs, W.B. Factors Associated with Committed Participation in a Wellness-Walking Program for People with Lower Limb Loss: A Prospective Cohort Study. *Prosthet. Orthot. Int.* **2019**, *43*, 180–187, doi:10.1177/0309364618792943.
135. Kelly, V.E.; Morgan, S.J.; Amtmann, D.; Salem, R.; Hafner, B.J. Association of Self-Reported Cognitive Concerns with Mobility in People with Lower Limb Loss. *Disabil. Rehabil.* **2018**, *40*, 96–103, doi:10.1080/09638288.2016.1243162.
136. Damiani, C.; Pournajaf, S.; Goffredo, M.; Proietti, S.; Denza, G.; Rosa, B.; Franceschini, M.; Casale, R. Community Ambulation in People with Lower Limb Amputation: An Observational Cohort Study. *Medicine (United States)* **2021**, *100*, doi:10.1097/MD.00000000000024364.
137. Gailey, R.; Clemens, S.; Sorensen, J.; Kirk-Sanchez, N.; Gaunaurd, I.; Raya, M.; Klute, G.; Pasquina, P. Variables That Influence Basic Prosthetic Mobility in People With Non-Vascular Lower Limb Amputation. *PM and R* **2020**, *12*, 130–139, doi:10.1002/pmrj.12223.
138. Gardner, A.W.; Killewich, L.A.; Montgomery, P.S.; Katzel, L.I. Response to Exercise Rehabilitation in Smoking and Nonsmoking Patients with Intermittent Claudication. *J. Vasc. Surg.* **2004**, *39*, 531–538, doi:10.1016/j.jvs.2003.08.037.

139. Wong, K.L.; Nather, A.; Liang, S.; Chang, Z.; Wong, T.T.C.; Lim, C.T. Clinical Outcomes of below Knee Amputations in Diabetic Foot Patients. *Ann. Acad. Med. Singap.* **2013**, *42*, 388–394, doi:10.47102/annals-acadmedsg.v42n8p388.
140. Suckow, B.D.; Goodney, P.P.; Cambria, R.A.; Bertges, D.J.; Eldrup-Jorgensen, J.; Indes, J.E.; Schanzer, A.; Stone, D.H.; Kraiss, L.W.; Cronenwett, J.L. Predicting Functional Status Following Amputation after Lower Extremity Bypass. In *Proceedings of the Annals of Vascular Surgery*; January 2012; Vol. 26, pp. 67–78.
141. Czerniecki, J.M.; Turner, A.P.; Williams, R.M.; Hakimi, K.N.; Norvell, D.C. The Effect of Rehabilitation in a Comprehensive Inpatient Rehabilitation Unit on Mobility Outcome after Dysvascular Lower Extremity Amputation. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2012**, *93*, 1384–1391, doi:10.1016/j.apmr.2012.03.019.
142. Hamamura, S.; Chin, T.; Kuroda, R.; Akisue, T.; Iguchi, T.; Kohno, H.; Kitagawa, A.; Tsumura, N.; Kurosaka, M. *Factors Affecting Prosthetic Rehabilitation Outcomes in Amputees of Age 60 Years and Over*; 2009; Vol. 37;.
143. Fortington, L. V.; Rommers, G.M.; Geertzen, J.H.B.; Postema, K.; Dijkstra, P.U. Mobility in Elderly People With a Lower Limb Amputation: A Systematic Review. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* **2012**, *13*, 319–325.
144. Van Eijk, M.S.; Van Der Linde, H.; Buijck, B.; Geurts, A.; Zuidema, S.; Koopmans, R. Predicting Prosthetic Use in Elderly Patients after Major Lower Limb Amputation. *Prosthet. Orthot. Int.* **2012**, *36*, 45–52, doi:10.1177/0309364611430885.
145. Erjavec, T.; Prěsern-Štrukelj, M.; Burger, H. The Diagnostic Importance of Exercise Testing in Developing Appropriate Rehabilitation Programmes for Patients Following Transfemoral Amputation. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* **2008**, 133–139.
146. Kahle, J.T.; Highsmith, M.J.; Schaepper, H.; Johannesson, A.; Orendurff, M.S.; Kaufman, K. Predicting Walking Ability Following Lower Limb Amputation: An Updated Systematic Literature Review . *Technol. Innov.* **2016**, *18*, 125–137, doi:10.21300/18.2-3.2016.125.
147. van Schaik, L.; Geertzen, J.H.B.; Dijkstra, P.U.; Dekker, R. Metabolic Costs of Activities of Daily Living in Persons with a Lower Limb Amputation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One* **2019**, *14*.
148. Ettema, S.; Kal, E.; Houdijk, H. General Estimates of the Energy Cost of Walking in People with Different Levels and Causes of Lower Limb Amputation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Prosthet. Orthot. Int.* **2021**, *45*, 417–427.

ANNEXE 1

**Which factors may influence medium-term quality of
life of patients with lower-limb loss? A systematic
review of the literature**

Doriane PELZER, Charlotte BEAUDART, Aurore THIBAUT, Stephen BORNHEIM, Jean-François
KAUX

Prosthetics and Orthotics International



Which factors may influence medium-term quality of life of patients with lower-limb loss? A systematic review of the literature

Doriane Pelzer¹ , Charlotte Beaudart^{1,2} , Aurore Thibaut^{3,4}, Stephen Bornheim^{5,6} and Jean-François Kaux^{1,5,6}

Abstract

Objectives: The aim of this study was to systematically review the literature to identify factors that may influence quality of life in people with lower-limb amputation (all etiologies). Our primary focus was on identifying factors that can be modified, enabling a more concentrated integration of these aspects into the care and treatment of amputated patients.

Data source: Medline (via Ovid) and Scopus were searched in January 2023 for studies assessing quality of life for people with lower-limb loss. Studies were included if they reported on factors that could influence quality of life. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses guidelines were followed.

Study selection: Studies were identified and assessed independently by 2 reviewers.

Data extraction: Data were extracted by 2 independent reviewers.

Data synthesis: After removing duplicates, the search yielded 2616 studies, of which 24 met our inclusion criteria (cross-sectional $n = 13$; prospective $n = 9$; retrospective $n = 2$). The most commonly used quality-of-life instruments were the Short Form 36, followed by the World Health Organization Quality of Life-BREF and the EuroQoL 5 dimension. Younger age, traumatic etiology, unilateral or below-knee amputation, presence of comorbidities, and social integration were found to influence quality of life in people with lower-limb amputation, whereas sex and socioeconomic context do not seem to have a clear influence.

Conclusions: This systematic review of the literature identified several factors that influence quality of life in patients with lower-limb amputation. However, the results are not always consistent across studies and there is still no consensus on some factors. Conclusive findings regarding sex and socioeconomic status remain elusive, primarily because of substantial disparities observed across the literature. Future prospective longitudinal studies with clear a priori inclusion of a wide range of potential factors are needed to clarify the impact of the identified factors. Factors such as age, type of amputation, comorbidities and social integration should be considered in the management of patients with amputation.

Keywords

lower-limb loss, amputation, health-related quality of life

Date received: 2 May 2023; accepted 17 November 2023.

Introduction

Amputation is a common cause of disability. In 2005, 1.6 million people in the United States lived with a lower-limb amputation.¹ The most common cause of amputation is vascular disease, followed by trauma and then cancer and congenital defects.² The

prevalence of vascular disease and diabetes is expected to increase in the foreseeable future,^{3,4} and the prevalence of amputations are therefore expected to be more frequent as well.

Not surprisingly, lower-limb amputation has serious consequences on patients' functional outcomes as it affects the ability to walk. Notably, energy expenditure for a person with above-knee amputation (AKA) from vascular etiology for walking with a prosthetic limb is twice that of a nonamputated person.⁵ Training and exercise may increase walking distance but it doesn't significantly affect the global functional mobility of patients.⁶ Indeed, physical activity in patients with amputation is affected by other factors such as motivation, educational experiences, support, and health literacy.⁷

Lower-limb amputation is also associated with pain, including phantom pain.⁸ It is reported that more than half of the patients will develop low back pain or limb pain, often in combination, after an amputation.⁹ All these health consequences are expected to reduce the health-related quality of life (HRQoL) of patients with lower-limb loss. Quality of life (QoL) is an important outcome in the management of the patient and has to be considered for the success of a treatment. HRQoL can be defined as "a term referring to the health aspects of quality of life, generally considered to reflect the impact of disease and treatment on disability and daily functioning."¹⁰ To date, several studies have shown that the HRQoL of patients with lower-

¹CNRF Department of Physical Medicine and Sports Traumatology, University Hospital of Liege, Liege, Belgium

²Department of Public Health, World Health Organization Collaborating Center for Public Health Aspects of Musculoskeletal Health and Aging, Epidemiology and Health Economics, University of Liège, Liège, Belgium

³Coma Science Group, GIGA Consciousness, University of Liège, Liège, Belgium

⁴Center du Cerveau 2, University Hospital of Liège, Liège, Belgium

⁵Department of Rehabilitation and Sports Sciences, University of Liège, Liège, Belgium

⁶Department of Physical Medicine and Sports Traumatology, University and University Hospital of Liège, Liège, Belgium

Corresponding author:

Doriane Pelzer, CHU Liège, Service de médecine de l'appareil locomoteur Bât. CNRF Centre Neurologique et de Réadaptation Fonctionnelle, Rue Champ des Alouettes 30, 4557, Tinlot, Belgium. Email: dpelzer@chuliege.be

Associate Editor: Laura Coffey

Copyright © 2024 International Society for Prosthetics and Orthotics

DOI: 10.1097/PXR.0000000000000312

limb loss is mostly poor compared with the general population or controls.¹¹ In addition, amputation has been shown to be associated with depression, isolation, and anxiety,¹² factors that are directly related to HRQoL.

To better understand and perhaps improve the HRQoL of people with amputation, it is important to identify the different factors that may directly or indirectly influence patients' HRQoL. Previous studies have identified walking ability, motivation, amputation level, and social context as potential influencing factors.¹² However, other factors could also affect the HRQoL of patients with amputation. Therefore, we aim to develop an exhaustive systematic literature review to unveil all factors that may influence HRQoL in patients with lower-limb loss. Furthermore, our conducted review is the first to specifically address early factors that might influence medium-term HRQoL.

Methods

The Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis 2020 statement was followed throughout the whole procedure of this systematic review.¹³ The completed Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis 2020 checklist is available in Supplementary Digital Content 1 (<http://links.lww.com/POI/A211>).

Our research question can be summarized by the following PICOS strategy: Population or disease: adults, age 18 years or older, with a major lower-limb amputation; Intervention: any prognostic factor of HRQoL; Comparator: NA; Outcome: HRQoL; Study design: cross-sectional studies, longitudinal studies (prospective or retrospective cohorts), and interventional studies.

We chose not to enumerate specific risk factors within our search strategy, as our approach was grounded in the anticipation of discovering factors organically through our research.

A protocol was developed before the conduct of the study and was published on Open Science Framework (OSF) (<https://osf.io/je5dx/>).

All authors agreed on the methodology (inclusion and exclusion criteria, summary of evidence format) before conducting the review.

Search strategy

The electronic databases Medline (via Ovid) and Scopus were searched from inception to January 2023 to identify studies assessing HRQoL of patients with lower-limb loss. No restriction of date was applied but the search was limited to studies published in English and French.¹⁴ An example of a search strategy is available in Supplementary Digital Content 2 (<http://links.lww.com/POI/A212>).

In addition, a manual search within the bibliography of relevant papers was also performed to complete the bibliographic search. Experts in the field were also contacted for any additional references that may have been missed during the screening process.

Inclusion and exclusion criteria

All articles identified by the search strategies were imported into Covidence software for screening. Studies were screened for their eligibility by 2 of the 4 reviewers (DP [MD], CB [PhD], SB [PhD], or AT [PhD]), first based on their titles and abstracts, and second, based on their full texts. Any discrepancy was resolved through discussion

Table 1. Inclusion criteria for the systematic review.

Inclusion criteria	
Population	Adults, age 18 y or more, with a major lower-limb amputation <ul style="list-style-type: none"> • Above or below the knee • Unilateral or bilateral • Any amputation etiology
Intervention	Any prognostic factors of HRQoL. A prognostic factor could be age, sex, level of amputation, etc. HRQoL should be measured in lower-limb-amputated participants with some variables presented as prognostic variables of HRQoL. Results should therefore be available for at least 2 groups (e.g., amputated women vs amputated men)
Comparator	None
Outcomes	HRQoL measured with a validated instrument
Type of study	Longitudinal studies (both observational [prospective cohorts, retrospective cohorts] and interventional studies [RCTs]). HRQoL should be measured between 6 mo and 5 y after amputation
Abbreviation: RCT, randomized controlled trial.	

between the researchers. Studies were selected according to defined inclusion criteria (Table 1). Covidence is a web-based collaboration software platform that streamlines the production of systematic and other literature reviews.

References were considered relevant if the studies used a cross-sectional or longitudinal design, or if the studies were interventional; if the patients were age 18 years or older and had a unilateral or bilateral lower-limb amputation of any etiology but between the ankle and the hip; if the patients' HRQoL was measured using a validated instrument; if the study examined independent variables that are predicted to have an impact on HRQoL; and if at least 2 groups of patients with lower-limb loss were compared, making it possible to identify a prognostic factor of HRQoL. To better anticipate the HRQoL aspect of patients with lower-limb amputation, we decided to focus on early factors that could influence the later HRQoL. HRQoL should have been measured in a time interval between a minimum of 6 months and a maximum of 5 years after amputation. Indeed, it has been shown that the greatest changes in HRQoL occur in the first 6 months after amputation.¹⁵ In addition, a limitation to 5 years was chosen to limit the risks of confounding factors, particularly because of the higher mortality of patients with dysvascular amputation during the first years after amputation, with a mortality rate of 77% at 5 years.¹⁶ If a reference reported different amputation delays between patients, only studies with a mean or median amputation delay between 6 months and 5 years were included.

We excluded nonoriginal studies (e.g., letters to editor) and protocols.

Data extraction

Data were extracted by 2 independent reviewers according to a standardized data extraction form pretested on a random sample

of 4 studies. Data were extracted by one researcher (DP or CB) and double-checked by another researcher.

The following data were extracted:

- Article characteristics: first author, journal, year of publication, title, objectives, funding, and conflict of interest.
- Study characteristics: study design, country, and length of follow-up.
- Population: sample size, gender distribution, age range, description of population, and type of amputation.
- HRQoL instrument used for data collection.
- Study results: prognostic factors evaluated and statistical results.

Quality/risk-of-bias assessment

The quality of each included study was independently appraised by 2 researchers (DP and CB) using the NIH (National Heart, Lung, and Blood Institute) for observational cohort and cross-sectional study quality assessment tool.¹⁷ We planned on appraising risk of bias of interventional studies with the Cochrane Risk of Bias 2.0 tool; however, no interventional studies were included and this tool was therefore not used. The NIH tool was applied to identify potential bias in study methods or implementation, including selection of the population, study power, time frame, validity of exposure and outcomes, etc. 14 items were used for the quality appraisal and for each item, a “yes,” “no,” or “cannot be determined/not reported/not applicable” was selected. Quality of studies was considered as good, fair, or poor based on the critical appraisal of the items. Items 8 and 10 from the NIH were not taken into account because they were not applicable to the type of studies included in the systematic review. Insecurities concerning the methodological quality of the included studies were resolved by discussion between researchers. No papers were excluded as a result of quality assessment.

Data synthesis

The objective of our research was to provide a comprehensive list of prognostic factors of HRQoL of patients with lower-limb loss. Therefore, a narrative synthesis of the results was used and no meta-analysis was undertaken.

Results

Included studies

After removing duplicates, the search yielded 2616 references that were screened for titles and abstracts. Of these, 257 were assessed for eligibility based on full-text screening and 24 studies were finally included in the systematic review. Reasons for exclusion of the remaining 233 references were available in the OSF repository (<https://osf.io/je5dx/>). A manual search did not identify any additional studies. The Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis flowchart summarizing the selection process is shown in Figure 1. Of the 24 studies, 13 were cross-sectional studies, 9 were longitudinal cohort studies, and 2 were retrospective cohort studies. Most of the included studies included both men and women, but 4 studies included only men and 3 studies did not report this information. The sample size of participants ranged from 20 in Lerner's study¹⁸ to 171 in Davie-Smith's study.¹² The most commonly used HRQoL instruments

were the Short Form 36 (45.8%), followed by the World Health Organization Quality of Life-BREF (20.8%) and the EuroQoL 5 dimension (12.5%). For studies reporting the mean age of the participants ($n = 23$), values ranged from 24.4 to 67.8 years.

The characteristics and quality of the 24 retained articles are shown in Table 2.

Different prognostic factors of HRQoL were evaluated within these different studies.

Age

Eight studies, 4 cross-sectional and 4 longitudinal, reported results on the effect of age on the HRQoL.¹⁹⁻²⁶

Among these studies, all but one showed an effect of age on HRQoL in patients with amputation, with better HRQoL for younger patients. This effect was mainly on physical health-related HRQoL.^{19,21-23,25,26} Nizamli et al also reported better HRQoL scores in relational domains for younger patients with lower-limb loss compared with older patients.²⁰ Only one study reported no association between age and HRQoL.²⁴

Level of amputation

Eleven studies, 8 cross-sectional and 3 longitudinal, reported results on the effect of the level of amputation on the HRQoL.^{19,20,23-31}

Two studies compared the quality of life between patients with unilateral amputation and patients with bilateral amputation. One of the 2 studies included in both groups patients with AKA and below-knee amputation (BKA) (and also BKA + AKA in the group with bilateral amputation),²⁷ while the other study did not provide this information.²⁰ HRQoL was reported to be better for patients with unilateral amputations, both for the physical health component^{20,27} and the psychological health component.²⁷ Studies focusing on the level of amputation have mostly reported better HRQoL for BKA compared with AKA.^{19,24,30} Polfer et al,²⁸ who did not include patients with BKA, reported no significant difference in HRQoL between patients with knee disarticulation and patients with AKA. The authors did not find an association between residual limb length and HRQoL. Htwe et al, Hisam et al, Priyadharshan et al, and Pran et al^{23,25,26,31} also found no significant association between the HRQoL and the level of amputation.

Sex

Seven studies (all cross-sectional) reported results on the effect of sex on the HRQoL.^{23,25,26,30-33}

The male/female ratio of the studies varied from 1.9 to 16.3. Heterogeneous results were observed regarding sex as an independent variable predicting HRQoL in patients with lower-limb loss. In fact, of the 7 studies assessing this relationship, 3 reported better HRQoL in women compared with men, for both mental and physical health components,^{30,31} or only for the physical domain.³² Another study³³ reported better HRQoL for men compared with women, but only for the general health and social relationships domains, and not for the other HRQoL domains. The last 3 studies showed no association between sex and HRQoL in patients with amputation.^{23,25,26}

Cause of amputation

Five studies (3 cross-sectional and 2 longitudinal) reported results on the effect of amputation etiology on HRQoL.^{18,20,22,31,34}

In 3 studies, amputations with a traumatic etiology were associated with generally better HRQoL compared with amputations with a vascular or infectious etiology.^{22,31,34} Only the social function domain was shown to be reduced in patients with traumatic amputations in the study by Hisam et al.³¹

When the etiology of amputation was traumatic, a better HRQoL has been found in patients with a delayed amputation¹⁸ or in patients presenting a postinjury infection compared with war injury.²⁰

Social and financial support

Four studies (1 cross-sectional and 3 longitudinal) reported results on the effect of social and financial support on the HRQoL.^{20,35-37}

Being in a relationship (married or not) was shown to be associated with a better HRQoL as assessed by the SF-12 questionnaire in the study by Mac Neill et al.³⁶ However, Nizamli et al also reported no association between the marital status and the HRQoL of patients with lower-limb loss.²⁰ The same author reported that financial support and having a job were both associated with a higher HRQoL in the psychological domain. In addition, higher financial status was also shown to have a positive effect on the physical and environmental health domains of HRQoL. This relationship was not confirmed in the study by

Davie-Smith et al,³⁷ who reported no significant association between socioeconomic status at the time of amputation and HRQoL 6–12 months after amputation. The effect of social support on HRQoL was investigated by Williams et al, who reported no association.³⁵

Comorbidities

Four studies (3 cross-sectional and 1 longitudinal) reported results on the effect of comorbidities on the HRQoL. In 3 of these studies, comorbidities were assessed categorically: presence or absence^{24,38} or 0–4 comorbidities.²³ Two studies counted the number of comorbidities.^{24,32}

Patients with multiple comorbidities, such as fibromyalgia, reported a lower HRQoL compared with others.³⁸ Abdelgadir et al³² precisely investigated the impact of diabetes on HRQoL and reported a negative correlation between the duration of diabetes and HRQoL. However, this relationship was not confirmed in the study by Kizilkurt et al.²⁴

Psychological status

Three studies (all longitudinal) reported results on the effect of the psychological status on the HRQoL.^{22,39,40}

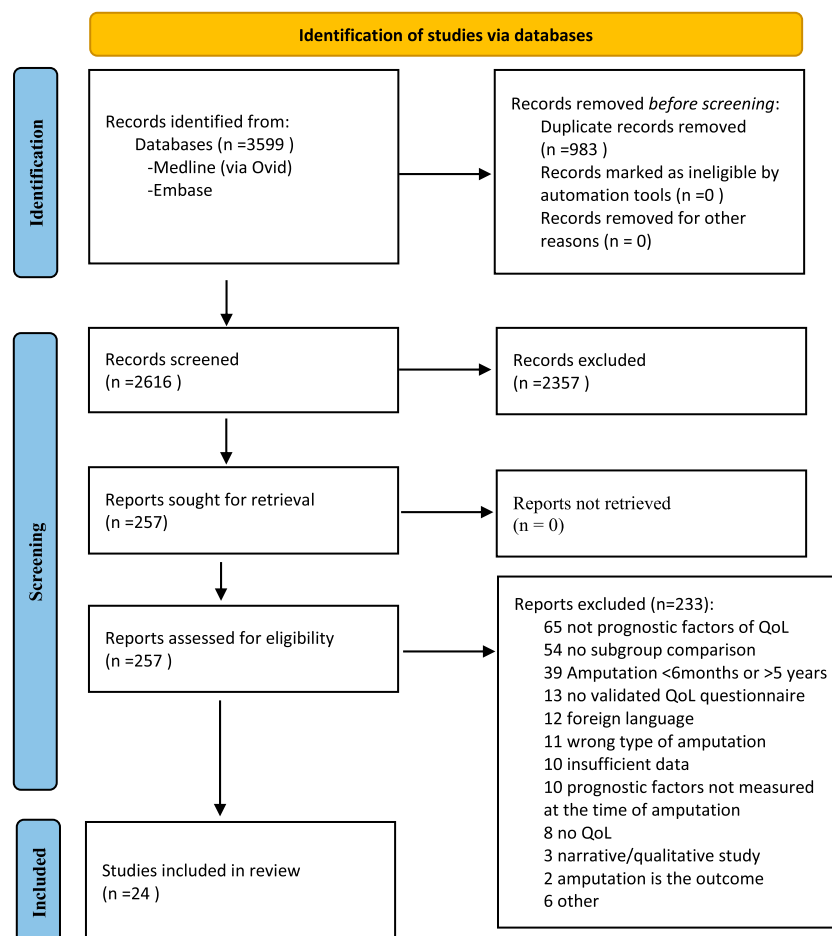


Figure 1. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020) flowchart of study selection.

Table 2. Characteristics of included studies.							
Reference	Study design	Study population Age (y) Sex Time since amputation Source of population	Country	Results	Aim of the study	HRQoL questionnaire	Quality
Abdelgadir, 2009	Cross-sectional study	60 diabetic patients with LLA Mean (SD): 57.4 ± 10.5 Men: 40; women: 20 Mean (SD): 5.3 ± 2.1 y Outpatient diabetes clinic	Sudan	Diabetic women with LLA had better physical role score and better sleep than diabetic men with amputation and duration of diabetes showed significant negative correlation with all the HRQoL domains except the physical functioning and the role physical domains	To investigate the influence of lower-limb amputation on HRQoL in Sudanese diabetic subject	Medical outcomes study questionnaire	Good
Adegoke, 2012	Cross-sectional study	47 patients with LLA Mean (SD): Men = 50.6 ± 12.9; women = 51.7 ± 13.7 Men: 31; women: 16 57.4% amputated since 3–24 mo; 8.0% amputated since more than 6 y Rehabilitation centers/clinics	Nigeria	Male participants scored significantly higher than female participants in overall health, physical health, and social relationship domains of HRQoL but the 2 groups did not differ significantly in the other domains of the WHOQOL-BREF	To determine the QoL of Nigerians with LLA and to investigate the influence of some clinical and sociodemographic variables on it	WHOQOL-BREF	Fair
Akarsu, 2013	Cross-sectional study	30 patients with LLA (15 unilateral and 15 bilateral) Mean (SD): 27.3 ± 6.6 NR At least 6 mo Turkish Armed Forces Rehabilitation and Care Center	Turkey	Physical capacity of bilateral LLA patients is lower than the unilateral amputee patients; satisfaction with prosthesis and body image are not related with the amputation level	To compare the quality of life and functionality of patients with bilateral vs. unilateral LLA	SF-36, SAT-PRO, ABIS	Fair
Akyol, 2012	Cross-sectional study	30 patients with LLA (12 with fibromyalgia) Mean (SD): 31.3 ± 6.0 Men: 30 Mean (SD): 79.0 ± 5.5 mo Inpatient amputee clinic at a military rehabilitation center	Turkey	HRQoL and emotional status are more impaired in male traumatic LLA with fibromyalgia than those without		NHP	Good

(continued on next page)

Table 2. Characteristics of included studies. (Continued)

Reference	Study design	Study population Age (y) Sex Time since amputation Source of population	Country	Results	Aim of the study	HRQoL questionnaire	Quality
Bennett, 2013	Cross-sectional study	39 patients with LLA Mean (SD): 24.4 ± 5.16 Men: 39 Mean (SD): 40 ± 16 mo Electronic database (United Kingdom Military Joint Theatre Trauma Registry)	UK	The PCS of the SF-36 declined significantly with more proximal amputation levels ($p = 0.01$), but there was no significant difference between the AKA and KD cohorts when compared directly ($p = 0.178$). MCS did not vary across groups ($p = 0.114$)	To describe the injuries and surgical treatment of British service personnel who sustained a unilateral LLA after combat injury and defines their medium-term outcomes	SF-36	Fair
Coffey, 2014	Prospective cohort study	98 patients with LLA Mean (SD): 63.6 ± 11.9 Men: 81; women: 18 From admission to rehabilitation (t1) to 6 mo postdischarge (t3) Inpatient rehabilitation	Ireland	Having a greater tendency toward goal pursuit at t1 was predictive of higher physical and psychological HRQoL at t3, whereas having a stronger disposition toward goal adjustment at t1 predicted lower disability and higher environmental HRQoL at t3	(1) To identify significant changes in disability and quality of life across 3 time points (t1: admission to rehabilitation; t2: 6 wk postdischarge; t3: 6 mo postdischarge) in individuals with LLA, and (2) to examine whether goal pursuit and goal adjustment at t1 were predictive of these outcomes at t3	WHOQOL-BREF	Good
Cox, 2011	Cross-sectional study	87 patients with LLA secondary to diabetes mellitus (64 BKA and 23 AKA) Mean (SD): 62 ± 9.9 Men: 35; women: 52 One to 3 y Physiotherapy records at the St Ann's Bay Hospital	Jamaica	People with BKA have better HRQoL than AKA, and women have better HRQoL than men for each domain	To determine the quality of life and functional independence of lower-limb diabetic amputees 1–3 y after amputation, using variables such as age, sex, and amputation level	WHOQOL-BREF	Good
Davie-Smith, 2019	Prospective cohort study	171 patients with LLA Mean (SD): 66.2 ± 11.4 Men: 128; women: 43 6 and 12 mo All LLA performed in 1 y in 1 Scottish Health Board	UK	No association between socioeconomic status at the time of amputation and HRQoL at 6 or 12 mo after amputation	To investigate the influence of socioeconomic status on mobility, participation, and quality of life after LLA	EQ-5D-5L	Fair

(continued on next page)

Table 2. Characteristics of included studies. (Continued)							
Reference	Study design	Study population Age (y) Sex Time since amputation Source of population	Country	Results	Aim of the study	HRQoL questionnaire	Quality
Lerner, 1993	Cross-sectional study	20 patients with post-traumatic BKA Mean (range): 41.5 (22–85) NR Mean (SD): 5 y (SD not reported) NR	USA	Patients who had primary amputation scored worse on the PAIS than those who experienced delayed amputation	The major objectives of this study were to measure the impact of chronic refractory osteomyelitis, post-traumatic long-bone fracture nonunion, and amputation on psychological adjustment and functional impairment; to determine why patients chose to continue therapy for nonunion and osteomyelitis as opposed to selecting amputation; and to assess the psychosocial adjustment of these patients' significant others who may be affected by the treatment outcomes of their loved ones	PAIS	Poor
Mac Neill, 2008	Retrospective study	29 patients with bilateral transtibial amputation Mean (SD): 64.7 (SD not reported) Men: 21; women: 8 Mean (SD): 3.31 y after discharge from rehabilitation Amputee Rehabilitation Service	Canada	Patients who lived alone scored better on the MCS of the SF-12	To examine long-term outcomes and survival of patients after bilateral transtibial amputation	SF-12	Fair
Madsen, 2019	Prospective cohort study	58 patients with LLA (35 AKA, 22 BKA) Mean (SD): 67.8 ± 10.2 Men: 43; women: 15 3, 6 and 12 mo Orthopedic wards of 2 rural hospitals	Denmark	Differences were identified between age groups in physical function with loss of physical function almost solely evident among the oldest patients after 12 mo	To investigate the effect of time and age on HRQoL, general self-efficacy, and functional level 12 mo after dysvascular major LLA	SF-36	Fair

(continued on next page)

Table 2. Characteristics of included studies. (Continued)							
Reference	Study design	Study population Age (y) Sex Time since amputation Source of population	Country	Results	Aim of the study	HRQoL questionnaire	Quality
Migaou, 2019	Prospective cohort study	85 patients with unilateral or bilateral LLA Mean (SD): 59.3 ± 16.7 Men: 64; women: 21 12 mo Department of Physical Medicine and Rehabilitation of University Hospital of Monastir	Tunisia	PCS and MCS of the SF-36 were negatively correlated with age. The incidence of an amputation of traumatic origin was associated with significantly higher HRQoL scores than an amputation of an infectious or vascular origin. There was also a negative and statistically significant correlation between the HRQoL and the psychological status of patients. The higher anxiety scores were associated with poor MCS and PCS. Depression was associated with poor MCS and PCS	To study factors associated to the quality of life in a North African sample of lower-limb amputees	SF-36	Fair
Nizamli, 2020	Cross-sectional study	65 patients with unilateral (n = 51) or bilateral (n = 14) amputation Range: 20–60 Men: 65 3 groups: <2 y; 2–4 y; >4 y Military Hospital	Syria	Higher score in psychological domain for employed amputees, time >4 y since amputation, amputees with financial support or because of infection after injury. Higher score for social relationships domains for younger amputees. Higher score in physical health domain for unilateral amputees and amputees with financial support. Higher score in environmental domain for amputees with financial support and amputation because of infection after injury. No difference in regards of education level, marital status, income, use of assistive devices, and level of amputation	To describe the quality of life of Syrian people with LLA after the war	WHOQOL-BREF	Fair

(continued on next page)

Table 2. Characteristics of included studies. (Continued)

Reference	Study design	Study population Age (y) Sex Time since amputation Source of population	Country	Results	Aim of the study	HRQoL questionnaire	Quality
Pedras, 2020	Prospective cohort study	86 patients with diabetes mellitus, indicated for LLA surgery Mean (SD): 63 (SD not reported) Men: 63; women: 23 10 mo 6 hospitals, diabetic foot multidisciplinary clinics and 2 vascular surgery departments	Portugal	Functionality at T0 has a positive impact on PCS, and anxiety symptoms at T0 had negative impact on MCS	(1) To analyze the relationship between emotional reactions (anxiety, depression, and traumatic stress symptoms) and functionality level, before and after a LLA because of diabetic foot ulcer, and mental/physical quality of life and (2) to analyze the mediator role of social support between emotional reactions and mental/physical quality of life	SF-36	Good
Polfer, 2019	Retrospective cohort study	10 patients with knee disarticulation; 18 patients with transfemoral amputation Mean (range): KD: 22.8 (20–26) TF: 25.4 (19–37) NR Mean (range): 66 (50–79) mo Three medical centers	USA	There is no significant difference in SF-36 score between KD and AKA groups. There is no significant association between residual limb length within the AKA group and SF-36 score	To determine whether there is a patient-reported functional difference between combat-related KD and AKA	SF-36	Good
Pran, 2021	Cross-sectional study	134 patients with LLA (58 AKA, 76 BKA) Mean (SD): 63 (SD not reported) Men: 83; women: 51 Mean (range): 42 (6–73) mo Tertiary care institution	Trinité-et-Tobago	Factors adversely related to HRQoL after major amputation include increasing age, problems related to mobility, and nonambulatory patients. No association was found between sex or type of amputation and HRQoL	To determine the HRQoL in patients after a major LLA	EQ-5D	Poor

(continued on next page)

Table 2. Characteristics of included studies. (Continued)

Reference	Study design	Study population Age (y) Sex Time since amputation Source of population	Country	Results	Aim of the study	HRQoL questionnaire	Quality
Priyadharshan, 2022	Cross-sectional study	106 patients with LLA (49 patients with diabetes mellitus, 44 patients with trauma, 71 with BKA, 51 using prosthetic appliance) Mean (SD): 48.6 ± 15.0 Men: 88; women: 18 Mean (SD): 2.88 (1.4) y Tertiary care center	India	With increasing age, the score for the physical domain, the environmental domain, and the social domain was found to decrease, but not for the psychological domain. There was no significant difference between sex for all domains. There was no statistically significant difference for the level of amputation	To assess the QOL in lower-limb amputees regarding experience of being an established amputee/person with limb loss, experience of prosthesis use, psychological well-being, phantom limb pain, and residual limb pain	WHOQOL-BREF	
vonKaeppler, 2021	Prospective cohort study	38 patients with transfemoral amputation Mean (SD): 46 ± 17 y Men: 26; women: 4 12 mo Muhimbili Orthopaedic Institute	Tanzania	At 12 mo, EQ-5D in the nonvascular subgroup (0.99) was higher than the vascular subgroup (0.85, $p < 0.001$)	To quantify the impact of prostheses on quality of life and function in Tanzanian transfemoral amputees	EQ-5D	Good
Williams, 2004	Prospective cohort study	89 patients (59 BKA) Mean (SD): 44.2 y (SD not reported) Men: 62; women: 27 6 mo Large level 1 trauma hospital	USA	Baseline levels of multidimensional scale of perceived social support and baseline social integration were not predictive of satisfaction with life at 6 mo	To describe one aspect of social support, social integration, longitudinally for 2 y after LLA and to explore the impact of social support on depression, pain interference, life satisfaction, mobility, and occupational functioning	SWLS	Good

Abbreviations: ABIS, Amputee Body Image Scale; EQ-5D, EuroQoL 5 dimension; KD, knee disarticulation; LLA, lower-limb amputation; MCS, Mental Composite Score; NHP, Nottingham Health Profile; PAIS, Psychosocial Adjustment to Illness Scale; PCS, Physical Composite Score; SAT-PRO, Satisfaction With Prosthesis Questionnaire; SD, standard deviation; SF-36, Short Form 36; SWLS, Satisfaction With Life Scale; WHOQOL-BREF, World Health Organization Quality of Life-BREF.

Table 3. Quality assessment of individual studies.

First author's name	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)
Abdelgadir	Yes	No	Other	Other	No	Yes	Yes	—
Adegoke	Yes	Yes	Other	Other	No	Other	Other	—
Akarsu	Yes	Yes	Other	Yes	No	Yes	Yes	—
Akyol	Yes	Yes	Other	Yes	Yes	Yes	Yes	—
Bennett	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Other	—
Coffey	Yes	Yes	Yes	Yes	Other	Yes	Yes	—
Cox	Yes	Yes	Other	Yes	No	Yes	Yes	—
Davie-Smith	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	—
Fortington	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	—
Hisam	Yes	Yes	Other	Yes	Yes	Yes	Yes	—
Htwe	Yes	Yes	Other	Yes	No	Yes	Yes	—
Keeling	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	—
Kizilkurt	Yes	Yes	Other	Yes	Yes	Yes	Yes	—
Lerner	Yes	Yes	Other	Other	No	Yes	Other	—
Mac Neill	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	—
Madsen	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	—
Migaou	Yes	Yes	Other	Yes	No	Yes	Yes	—
Nizamli	Yes	Yes	Other	Yes	Yes	Yes	Yes	—
Pedras	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	—
Polfer	Yes	Yes	Other	Yes	Yes	Yes	Yes	—
Pran	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	Other	—
Priyadharshan	Yes	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	—
vonKaepler	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	—

(continued on next page)

Table 3. Quality assessment of individual studies. (Continued)

First author's name	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	
	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	
Williams	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	—	
First author's name	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Total yes	Total no	Other
	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)	Yes/no/other (CD/NA/NR)			
Abdelgadir	Yes	—	Yes	Other	Other	No	5	3	4
Adegoke	Yes	—	Yes	Other	Other	No	4	2	6
Akarsu	Yes	—	Yes	Other	Other	No	7	2	3
Akyol	Yes	—	Yes	Other	Other	No	8	1	3
Bennett	Yes	—	Yes	No	Yes	No	8	3	1
Coffey	Yes	—	Yes	Other	No	No	8	2	2
Cox	Yes	—	Yes	No	Other	No	7	3	2
Davie-Smith	Yes	—	Yes	No	No	No	8	4	0
Fortington	Yes	—	Yes	Other	No	No	8	3	1
Hisam	Yes	—	Yes	Other	Other	No	8	1	3
Htwe	Yes	—	Yes	Other	Other	No	7	2	3
Keeling	Yes	—	Yes	Other	Other	Yes	8	2	2
Kizilkurt	Yes	—	Yes	Other	Other	No	8	1	3
Lerner	No	—	Yes	No	Other	No	4	4	4
Mac Neill	Yes	—	Yes	Other	Other	No	7	3	2
Madsen	Yes	—	Yes	Other	No	No	8	3	1
Migaou	Yes	—	Yes	No	Yes	No	8	3	1
Nizamli	Yes	—	Yes	Other	Other	No	8	1	3
Pedras	Yes	—	Yes	Other	No	No	7	4	1
Polfer	Yes	—	Yes	Other	Other	No	8	1	3
Pran	Yes	—	Yes	No	Other	No	6	4	2
Priyadharshan	Yes	—	Yes	No	Other	No	7	4	1
vonKaeppler	Yes	—	Yes	No	No	No	9	3	0
Williams	Yes	—	Yes	Other	Yes	Yes	10	1	1

Psychological status at the time of amputation seems to be correlated with HRQoL in patients with lower-limb loss. Specifically, Coffey et al³⁹ evaluated the impact on HRQoL of a greater tendency toward goal pursuit and a stronger disposition toward goal adjustment at the time of admission to the rehabilitation center. It was associated with better physical and psychological HRQoL 6 months after discharge and better environmental HRQoL after discharge.

The presence of depression or high levels of anxiety at the time of amputation has been shown to be associated with poorer HRQoL in both physical and psychological domains.^{22,40}

Others

Other outcomes were each assessed by a single article. Comparison of 2 surgical techniques for BKA (bridge synostosis and non-bone-bridging) showed no difference in HRQoL.⁴¹ Ethnicity (Malay, Chinese, and Indian) also showed no effect on HRQoL.²³ Functionality 24 h before amputation, however, showed a positive effect on HRQoL (Physical Composite Score).⁴⁰

Discussion

We conducted a systematic review of the literature to identify early factors that may have an impact on the evolution of HRQoL in patients with lower-limb amputation.

Younger age, BKA, traumatic etiology, and absence of comorbidities seem to have a positive impact on HRQoL, whereas sex and socioeconomic context do not seem to have a clear influence. Psychological factors seem to have an influence on the HRQoL of patients with amputation. A greater tendency toward goal pursuit or a stronger disposition towards goal adjustment correlates positively with HRQoL, while depression or anxiety exerts a negative impact on the HRQoL of amputated patients.

In fact, all but one of the studies investigating the effect of age on HRQoL in patients with lower-limb loss reported a clear association. Interestingly, in this study,²⁴ the entire population was selected in clinics where patients were followed in the context of prosthesis fitting and where all patients used a prosthesis. However, it has been shown previously that the reduction in HRQoL with age is mainly related to a decrease in mobility in the context of comorbidities.^{12,25,42,43} Thus, by selecting patients with a prosthesis, it is likely that the sample is composed of patients with a higher level of mobility, for whom the negative impact of age on HRQoL may be less important.

It can be assumed that HRQoL may be more directly related to the functional level achieved according to the level of amputation. Indeed, it has been shown that amputation level is associated with failure to maintain independent living status, AKA is associated with not wearing a prosthesis, and bilateral status is associated with failure to walk.⁴³ In addition, the Scottish Physiotherapy Amputee Research Group reported that people with bilateral BKA shows better mobility outcomes than patients with unilateral AKA.⁴⁴ About satisfaction with mobility, Norvell et al showed that patients with AKA showed a trend (although not significant) toward poorer mobility than patients with BKA and significantly lower satisfaction with their mobility 1 year after amputation. However, mobility satisfaction is significantly associated with life satisfaction.⁴⁵

The influence of sex on the quality of life of patients with amputation has shown inconstant results in the literature. A scoping review by Cimino, which included 121 studies, also shows mixed results in the literature regarding the impact of sex on HRQoL.⁴⁶ Indeed, among the 121 studies included, 55 articles showed no difference in HRQoL between men and women with adult-acquired lower-limb amputation (from trauma, dysvascular causes, cancer, or infection), while 66 reported differences. The most commonly studied aspects of HRQoL were the physical aspects (mobility, prosthesis use or satisfaction, and physical health), while the psychosocial aspects were less studied. This scoping review showed more positive results for men than for women but also highlighted a discrepancy between the results in the literature.

Traumatic amputation is associated with better HRQoL than vascular amputation. Demet et al also reported that the traumatic etiology was associated with less physical disability and less social isolation.⁴⁷ Finally, Asano et al also reported lower HRQoL using a visual analog scale in patients with vascular amputation.⁴⁸

Finally, comorbidities were associated with lower HRQoL in patients with lower-limb loss. These results are consistent with those reported in the literature showing a worsening of HRQoL with multimorbidity.⁴⁹

When analyzing HRQoL by domain, several points of note emerge. The primary domain adversely affected by age and comorbidities is the physical domain. In addition, it is the sole domain influenced by functionality at t0. Comparatively, BKA (as opposed to AKA) seems to have a positive influence on the physical domain, although certain studies demonstrate no discernible impact of amputation level. Both the physical and mental domains suffer negative repercussions from depression, anxiety, and bilateral (as opposed to unilateral) amputations. Moreover, the mental domain is primarily affected by being in a relationship. The environmental domain experiences a positive impact through a stronger disposition toward goal adjustment.

Regarding the time frame of the studies, only 9 studies precisely specified the amputation period. Others supplied the survey time and time since amputation. However, in many cases, only rough estimates could be deduced from the time elapsed since amputation and the year of publication. Regrettably, this estimate's reliability is compromised because of the variable delay that can exist between conducting a study and its publication. Interestingly, it is worth mentioning that 3 studies^{18,36,37} examining some of the oldest amputation cases all centered around the socioeconomic aspect of patients with amputation. Mac Neill's study (Canada) concluded that being in a relationship positively affected HRQoL, whereas a more recent article from Syria,²⁰ which also explored this facet, found no association. One of these studies³⁵ discovered no correlation between social support and amputee HRQoL, mirroring the results of the newer study by Davie-Smith et al, which explored the same aspect.

Regarding the countries in which the studies were conducted, all investigations assessing the impact of sex on HRQoL, with the exception of Polfer's,²⁸ were situated in low-/middle-income countries. Moreover, 2 studies from distinct regions have specifically scrutinized the influence of socioeconomic status on HRQoL. Davie-Smith's study³⁷ (United States) did not reveal any impact, whereas Nizamli's study²⁰ (Syria) found that greater financial support correlated with an improved HRQoL.

Table 4. Summary of the influence of the different factors and modifiability.

Factor	Positive impact	Modifiability
Younger age	++	No
Traumatic etiology	+ (in comparison with traumatic or infectious etiology)/– (only for the social function domain in one study)	No
Bilateral amputation	– (in comparison with unilateral amputation but level not specified)	No
AKA	– – (in comparison with BKA, in some studies but not all, but not with KD)	No
Male gender	+ (in 1 study)/– (in 3 studies)	No
Being in a relationship	+ (in one study but no association with HRQoL in another study)	No
Financial support	+ (in 1 study but no association with HRQoL in another study)	No
Comorbidities	– –	Yes
Better psychological dispositions	++	Yes
Depression or anxiety	– –	Yes

Abbreviation: KD, knee disarticulation.

Study limitation

Some limitations of our study can be discussed. First, we may have missed some studies because of our inclusion criteria. In fact, we decided to include only studies that used a validated tool to assess HRQoL. Therefore, we cannot exclude that studies reporting other factors may have been missed. However, by using only validated questionnaires, we ensure the evidence-based value of our assessments. We also decided not to include studies that assessed HRQoL later than 5 years after amputation. Again, some studies with longer follow-up may have been missed, but this decision allowed us to limit some risks of bias because of confounding factors (e.g., higher mortality in dysvascular patients in the years after amputation).

As an additional limitation, we conducted searches in only 2 bibliographic databases (Medline and Scopus). Although this number aligns with the requirements for rigor in systematic reviews and meta-analyses, we recognize the potential inclusion of further databases. Nevertheless, because of our comprehensive manual search, we are confident in the thoroughness of our methodology.

Only 6 of the 24 studies included provided a power description or a sample size justification. However, after rigorous analysis of the quality of each study using the NIH quality assessment tool, all the studies were included in our analysis (Table 3).

Further research needs to be conducted, with a focus on using validated measurement scales and offering detailed demographic data, a common deficiency in existing studies. Sex and socioeconomic status are factors that exhibit the most divergent outcomes within the literature, warranting further investigation.

This systematic review is the first to examine only early factors (identifiable in the perioperative period) that may influence HRQoL in a period between 6 months and 5 years after amputation. This allows early identification of patients who are at higher risk of having poorer HRQoL than other patients and to focus on this aspect during rehabilitation. Modifiable factors, such as comorbidities and some psychological factors, have to be more intensively considered in the management of patients with amputation. It seems that advanced age and AKA have a negative impact on HRQoL,

perhaps through lack of mobility. So, if it is possible, therapists have to encourage and try to achieve as high a level of mobility as possible with the patient.

Conclusion

The HRQoL of patients with lower-limb loss seems to be negatively influenced by advanced age, level of amputation (AKA instead of BKA), bilaterality, vascular or infectious etiology (rather than traumatic etiology), comorbidities, anxiety, and depression. However, sex, marital status, and socioeconomic status have an unclear relationship with HRQoL in patients with amputation. A summary of the influence of the different factors is available in Table 4.

Funding


The authors disclosed that they received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Declaration of conflicting interest

The authors disclosed no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

ORCID iDs

D. Pelzer:  <https://orcid.org/0000-0001-8341-9744>

C. Beaudart:  <https://orcid.org/0000-0002-0827-5303>

Supplemental material

Supplemental material for this article is available through hyperlinks in the text. Direct URL citation appears in the text and is provided in the HTML and PDF versions of this article on the journal's Web site (www.POIjournal.org).

References

- Ziegler-Graham K, MacKenzie EJ, Ephraim PL, et al. Estimating the prevalence of limb loss in the United States: 2005 to 2050. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89:422–429.

2. Varma P, Stineman MG and Dillingham TR. Epidemiology of limb loss. *Phys Med Rehabil Clin* 2014;25:1–8.
3. Fowkes FGR, Rudan D, Rudan I, et al. Comparison of global estimates of prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2000 and 2010: a systematic review and analysis. *Lancet* 2013;382:1329–1340.
4. Saeedi P, Petersohn I, Salpea P, et al. *Global and Regional Diabetes Prevalence Estimates for 2019 and Projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas*. 9th edition. Diabetes Res Clin Pract; 2019:157. DOI: 10.1016/j.diabres.2019.107843.
5. Ettema S, Kal E and Houdijk H. General estimates of the energy cost of walking in people with different levels and causes of lower-limb amputation: a systematic review and meta-analysis. *Prosthet Orthot Int* 2021;45:417–427.
6. Bouzas S, Molina AJ, Fernández-Villa T, et al. Effects of exercise on the physical fitness and functionality of people with amputations: systematic review and meta-analysis. *Disabil Health J* 2021;14.
7. Miller MJ, Jones J, Anderson CB, et al. Factors influencing participation in physical activity after dysvascular amputation: a qualitative meta-synthesis. *Disabil Rehabil* 2019;41:3141–3150.
8. Limakatso K, Bedwell GJ, Madden VJ, et al. The prevalence and risk factors for phantom limb pain in people with amputations: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2020;15:e0240431.
9. Oosterhoff M, Geertzen JHB and Dijkstra PU. More than half of persons with lower limb amputation suffer from chronic back pain or residual limb pain: a systematic review with meta-analysis. *Disabil Rehabil* 2022;44:835–855.
10. Mayo N. *Dictionary of Quality of Life and Health Outcomes Measurement*. International Society for Quality of Life Research (ISOQOL); 2015.
11. Sinha R and van den Heuvel WJA. A systematic literature review of quality of life in lower limb amputees. *Disabil Rehabil* 2011;33:883–899.
12. Davie-Smith F, Coulter E, Kennon B, et al. Factors influencing quality of life following lower limb amputation for peripheral arterial occlusive disease: a systematic review of the literature. *Prosthet Orthot Int* 2017;41:537–547.
13. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372.
14. Morrison A, Polisen J, Husereau D, et al. The effect of English-language restriction on systematic review-based meta-analyses: a systematic review of empirical studies. *Int J Technol Assess Health Care* 2012;28:138–144.
15. Barnett CT, Vanicek N and Polman RCJ. Temporal adaptations in generic and population-specific quality of life and falls efficacy in men with recent lower-limb amputations. *J Rehabil Res Dev* 2013;50:437–448.
16. Fortington LV, Geertzen JHB, van Netten JJ, et al. Short and long term mortality rates after a lower limb amputation. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2013;46:124–131.
17. National Heart, Lung, and Blood Institute. *Study Quality Assessment Tools*. 2023. <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools>. Accessed January 16, 2023.
18. Lerner RK, Esterhai JL, Polomano RC, et al. Quality of life assessment of patients with posttraumatic fracture nonunion, chronic refractory osteomyelitis, and lower-extremity amputation. *Clin Orthop Relat Res* 1993;295:28–36.
19. Fortington LV, Dijkstra PU, Bosmans JC, et al. Change in health-related quality of life in the first 18 months after lower limb amputation: a prospective, longitudinal study. *J Rehabil Med* 2013;45:587–594.
20. Nizamli FM. Quality of life among Syrian patients with war-related lower limb amputation at the Military Hospital in Lattakia. *Int J Nurs Sci* 2020;7:297–302.
21. Madsen UR, Baath C, Berthelsen CB, et al. Age and health-related quality of life, general self-efficacy, and functional level 12 months following dysvascular major lower limb amputation: a prospective longitudinal study. *Disabil Rehabil* 2019;41:2900–2909.
22. Migaou H, Kalai A, Hassine YH, et al. Quality of life associated factors in a North African sample of lower limbs amputees. *Ann Rehabil Med* 2019;43:321–327.
23. Htwe O, Lee KX, Maryam SA, et al. Quality of life among lower limb amputees treated at the Tertiary Hospital, Malaysia. *Int Med J* 2015;22:171–174.
24. Kizilkurt OK, Kizilkurt T, Gulec MY, et al. Quality of life after lower extremity amputation due to diabetic foot ulcer: the role of prosthesis-related factors, body image, self-esteem, and coping styles. *Dusunen Adam* 2020;33:109–119.
25. Pran L, Baijoo S, Harnanan D, et al. Quality of life experienced by major lower extremity amputees. *Cureus* 2021;13:e17440.
26. Priyadharshan KP, Kumar N, Shanmugam D, et al. Quality of life in lower limb amputees: a cross-sectional study from a tertiary care center of South India. *Prosthet Orthot Int* 2022;46:246–251.
27. Akarsu S, Tekin L, Safaz I, et al. Quality of life and functionality after lower limb amputations: comparison between uni- vs. bilateral amputee patients. In: *Prosthetics and Orthotics International*. SAGE Publications Ltd; 2013: 9–13. DOI: 10.1177/0309364612438795.
28. Polfer EM, Hoyt BW, Bevevino AJ, et al. Knee disarticulations versus transfemoral amputations: functional outcomes. *J Orthop Trauma* 2019;33:308–311.
29. Bennett PM, Sargeant ID, Midwinter MJ, et al. Unilateral lower limb loss following combat injury: medium-term outcomes in British military amputees. *Bone Joint J* 2013;95-B:224–229.
30. Cox PSL, Williams S and Weaver S. Life after lower extremity amputation in diabetics. *W Indian Med J* 2011;60:536–540.
31. Hisam A, Ashraf F, Rana MN, et al. Health related quality of life in patients with single lower limb amputation. *J Coll Physicians Surg Pak* 2016;26:851–854.
32. Abdelgadir M, Shebeika W, Eltom M, et al. Health related quality of life and sense of coherence in sudanese diabetic subjects with lower limb amputation. *Tohoku J Exp Med* 2009;217:45–50.
33. Adegoke BAO, Kehinde AO, Akosile CO, et al. Quality of life of Nigerians with unilateral lower limb amputation. *Disability, CBR & Inclusive Development* 2013;23:76–89.
34. von Kaeppler EP, Hetherington A, Donnelley CA, et al. Impact of prostheses on quality of life and functional status of transfemoral amputees in Tanzania. *Afr J Disabil* 2021;10:1–10.
35. Williams RM, Ehde DM, Smith DG, et al. A two-year longitudinal study of social support following amputation. *Disabil Rehabil* 2004;26:862–874.
36. Mac Neill HL, Devlin M, Pauley T, et al. Long-term outcomes and survival of patients with bilateral transtibial amputations after rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil* 2008;87:189–196.
37. Davie-Smith F, Paul L, Stuart W, et al. The influence of socio-economic deprivation on mobility, participation, and quality of life following major lower extremity amputation in the West of Scotland. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2019;57:554–560.
38. Akyol Y, Tander B, Göktepe AS, et al. The relationship of fibromyalgia syndrome with neuropathic pain, quality of life and emotional status in male traumatic lower limb amputees. *J Musculoskel Pain* 2012;20:87–94.
39. Coffey L, Gallagher P and Desmond D. Goal pursuit and goal adjustment as predictors of disability and quality of life among individuals with a lower limb amputation: a prospective study. *Arch Phys Med Rehabil* 2014;95:244–252.
40. Pedras S, Vilhena E, Carvalho R, et al. Quality of life following a lower limb amputation in diabetic patients: a longitudinal and multicenter study. *Psychiatry (N Y)* 2020;83:47–57.
41. Keeling JJ, Shawen SB, Forsberg JA, et al. Comparison of functional outcomes following bridge synostosis with non-bone-bridging transtibial combat-related amputations. *J Bone Joint Surg Am Vol* 2013;95:888–893.
42. Marshall C, Barakat T and Stansby G. Amputation and rehabilitation. *Surgery* 2016;34:188–191.
43. Taylor SM, Kalbaugh CA, Blackhurst DW, et al. Preoperative clinical factors predict postoperative functional outcomes after major lower limb amputation: an analysis of 553 consecutive patients. *J Vasc Surg* 2005;42:227–235.
44. Davie-Smith F, Scott H. The Scottish physiotherapy amputee research group (sparg). *Physiotherapy* 2015;101:e300–e301.
45. Norvell DC, Turner AP, Williams RM, et al. Defining successful mobility after lower extremity amputation for complications of peripheral vascular disease and diabetes. *J Vasc Surg* 2011;54:412–419.
46. Cimino SR, Vijayakumar A, MacKay C, et al. Sex and gender differences in quality of life and related domains for individuals with adult acquired lower-limb amputation: a scoping review. *Disabil Rehabil* 2022;44:6899–6925.
47. Demet K, Martinet N, Guillemin F, et al. Health related quality of life and related factors in 539 persons with amputation of upper and lower limb. *Disabil Rehabil* 2003;25:480–486.
48. Asano M, Rushton P, Miller WC, et al. Predictors of quality of life among individuals who have a lower limb amputation. *Prosthet Orthot Int* 2008;32:231–243.
49. Makovski TT, Schmitz S, Zeegers MP, et al. Multimorbidity and quality of life: systematic literature review and meta-analysis. *Ageing Res Rev* 2019;53:100903.

ANNEXE 2

**Impact of microprocessor prosthetic knee on mobility and
quality of life in patients with lower limb amputation: a
systematic review of the literature**

Aurore THIBAUT, Charlotte BEAUDART, Benoit MAERTENS DE NOORDHOUT,
Sybille GEERS, Jean-François KAUX, Doriane PELZER

European Journal of Physical and rehabilitation medicine

ARTICLE ONLINE FIRST

This provisional PDF corresponds to the article as it appeared upon acceptance.

A copyedited and fully formatted version will be made available soon.

The final version may contain major or minor changes.

Impact of microprocessor prosthetic knee on mobility and quality of life in patients with lower limb amputation: a systematic review of the literature

Aurore THIBAUT, Charlotte BEAUDART, Benoit MAERTENS DE NOORDHOUT, Sybille GEERS, Jean-François KAUX, Doriane PELZER

European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine 2022 Feb 11

DOI: 10.23736/S1973-9087.22.07238-0

Article type: Systematic reviews and meta-analyses

© 2022 EDIZIONI MINERVA MEDICA

Supplementary material available online at <http://www.minervamedica.it>

Article first published online: February 11, 2022

Manuscript accepted: February 3, 2022

Manuscript revised: January 26, 2022

Manuscript received: August 25, 2021

Subscription: Information about subscribing to Minerva Medica journals is online at:

<http://www.minervamedica.it/en/how-to-order-journals.php>

Reprints and permissions: For information about reprints and permissions send an email to:

journals.dept@minervamedica.it - journals2.dept@minervamedica.it - journals6.dept@minervamedica.it

Impact of microprocessor prosthetic knee on mobility and quality of life in patients with lower limb amputation: a systematic review of the literature

MPK's impact on mobility & quality of life

Aurore Thibaut^{1*}, Charlotte Beaudart¹, Benoit Maertens de Noordhout¹, Sybille Geers², Jean-François Kaux^{1,3}, Doriane Pelzer¹

¹ CNRF, Physical Medicine and Sport Traumatology Department, University Hospital of Liege, Belgium

² Physical Medicine and Rehabilitation, Ghent University Hospital, Ghent, Belgium

³ Physical Medicine and Sports Traumatology Department, SportS², FIFA Medical Centre of Excellence, IOC Research Centre for Prevention of Injury and Protection of Athlete Health, FIMS collaborative Center of Sports Medicine, University of Liege and University Hospital of Liège, Belgium

Corresponding author:

Aurore Thibaut

Athibaut@uliege.be

CNRF Rue Champ des Alouettes, 30

4557 Fraiture-En-Condroz, BELGIUM

Abstract

Introduction: Advanced technologies have made available the development of microprocessor prosthetic knee (MPK) to improve autonomy of patients with lower limb amputation.

Aim: In the present systematic review, we aimed to evaluate the impact of the use of all types of MPK on patients' functional status and quality of life.

Evidence acquisition: We conducted this review according to the PRISMA Guidelines on Medline (via Ovid), Scopus and SportDiscuss. All identified articles were screened for their eligibility by two reviewers using Covidence software. The Cochrane Risk of Bias (RoB) or the NIH Quality Assessment Tool were used to assess the quality of the studies.

Evidence synthesis: Eighteen articles were included in the present review (7 randomized controlled trials - RCT), 6 cross-sectional and 5 follow-up studies). Number of participants included varied from 20 to 602, protocols' length varied from a single session to 12 weeks of use of MPK. Taken together, MPK users compared to NMPK users tend to present better functional status and mobility. Quality of life was also positively impacted in MPK users. On the other hand, the superiority of more advanced MPKs such as the Genium[®] is less clear, especially given the improvements over time of other MPKs such as the C-leg[®] and the Rheo knee[®].

Conclusion: Based on our results, while it is clear that MPKs outperform NMPKs both for functional status and quality of life, additional benefits of one MPK over another is less clear. Future studies are needed to clarify these aspects.

Registration ID: <https://osf.io/um8zg/>

Keywords: mechatronic, microprocessor, MPK, TFA, gait, functional status

Introduction

For patients with major lower limb amputation, the impact of such an amputation on activities of daily living is often particularly challenging [1]. Indeed, transfemoral amputation (TFA) is associated with reduced mobility, restricted societal participation and an increased risk of falling. Chronic diseases, balance and stability problems are additional risk factors for amputees, especially in the elderly [1]. Patients with TFA can be prescribed a prosthesis with an exoprosthetic component to partially overcome their functional limitations. Exoprosthetic knee components can be classified into two main categories: mechanical components, i.e., non-microprocessor-controlled knees (NMPK), and microprocessor-controlled knees (MPK), also called electronic or mechatronic knees. The basic function of the prosthetic knee is to provide more stability during the stance phase and more agility and flexion during the swing phase. It works with an internal computer – microprocessor – that controls the hydraulics of the prosthesis through continuous monitoring with sensors, allowing real-time adjustments. These sensors are also able to detect a pattern of movement that resemble a fall and the microprocessor will immediately react by providing a greater resistance to prevent falling.

In addition to the impact on patients' mobility, TFA is a life-altering event that has a considerable impact on their quality of life due to the physical and psychological distress that this event causes [2]. Many studies reported that patients with lower-limb amputation demonstrate worse quality of life than the general healthy population [3]; while it has been shown that the use of a prosthesis is closely related to improved quality of life in these patients [4]. Therefore, quality of life can also be significantly improved if patients use their prostheses effectively and correctly. Thus, the choice of an optimized and suitable prosthesis is crucial both from the point of view of mobility and quality of life of patients with TFA.

The use of a mechatronic knee for TFA patients is becoming increasingly common. The impact of this type of device on patients' mobility and quality of life has been demonstrated in several studies and reviews of the literature [5–7]. A recent systematic review reported the beneficial effects of the Genium (Ottobock®), a specific type of MPK, but did not include studies using other types of MPKs [8]. Therefore, the present review aims at evaluating the impact of the use of all types of MPKs on patients' mobility and quality of life.

Evidence acquisition

The protocol of the present review was registered on the Center for Open Science platform OSF (<https://osf.io/um8zg/>).

The Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses (PRISMA) statement was followed. A review protocol was previously established and published on Open Sciences Framework.

A search on Medline (via Ovid), Scopus and SportDiscuss was conducted in February 2021 using the following search terms: Microprocessor, C-Leg®, Genium®, mechatronic, mechanic and knee. The search strategy can be found in table 1. Additionally, a manual search within the bibliography of relevant papers was performed in order to complete the bibliographic search.

INSERT TABLE 1 AROUND HERE

The PICOT were the following [9] :

- Population: Patients with unilateral transfemoral limb loss
- Intervention: Use of MPK

- Comparator: Non-MPK
- Outcomes: Gait, ambulation, mobility, ADL performance, physical performance, balance confidence, quality of life (using validated questionnaires/tests)
- Type of study: Original studies

Exclusion criteria were: 1. animal studies, 2. case reports, qualitative review studies, systematic reviews, letters to the editors, 3. non-English, non-French studies, 4. no abstract available and, 5. studies including <20 participants (to report studies with a representative sample size).

All identified articles were screened for their eligibility by two reviewers first based on their title and abstract and secondly, based on their full text using Covidence software. Any discrepancies were resolved through discussion between the researchers.

The following data were extracted: authors, name of journal, year of publication, study design, type of population, sample size, intervention protocol, duration of study, all outcomes collected, main results.

The Cochrane Risk of Bias (RoB) tool was used to assess the quality of RCT [10], while for the other study designs we used the NIH Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross-Sectional Studies.

Evidence synthesis

Six hundred and eighteen titles were identified and a total of 411 abstracts were screened after removing duplicates (n=207). The full texts of 80 remaining studies were reviewed and 18 studies met the inclusion criteria (see PRISMA flowchart – figure 1).

INSERT FIGURE 1 AROUND HERE

Different study designs were included: 7 RCTs, 6 cross-sectional studies, and 5 follow-up studies. However, when extracting the data, 5 RCTs from the same team reported results from an identical sample of patients (describing different outcome measures). Therefore, the results of these 5 studies were merged into one trial, resulting in a total of 3 RCTs detailed in the present review.

Number of participants included varied from 20 to 602, protocols' length varied from a single session to 12 weeks of use of MPK. Different outcomes were investigated across studies such as 3D gait analyses, Prosthetic Limb Users' Survey of Mobility (PLUS-M), the Amputee Mobility Predictor with Prosthesis (AMPRO), walking tests, number of falls, as well as Physical quality of life or the Short-From 36 – SF-36.

Main results of the included studies are summarized in the tables below.

Randomized controlled trials

A total of three individual trials was found in the literature, all of them used a cross-over design. The first study included 30 participants classified as Medicare Functional Classification Level 2 (MFCL-2), and compared the use of a C-Leg[®] with a C-Leg compact[®] and a mechanic prosthesis for 7 days [11]. The authors tested the efficacy of the prostheses with the Assessment of Daily Activity Performance in Transfemoral amputees (ADAPT [12]). Participants were allocated to one of the subgroups based on their walking speed and activity level at baseline: high (> 4km/h), intermediate (3-4km/h) and low (<3 km/h). The authors found a significant improvement when using the MPK compared to the mechanic prosthesis in the sub-groups of 'intermediate' and 'high'

functional mobility levels. The subgroup classified as ‘low’ mobility level did not show any beneficial effect of the MPK.

Another clinical trial tested the effect of a C-Leg[®] versus a Genium[®] prosthesis in 20 patients with TFA and reported the results on various metrics in five different papers [13–17]. Patients used the prosthesis for a period varying from 2 weeks to three months depending on the patients’ ability to use it. Overall, the Genium[®] induced stronger improvement on different gait parameters (eg; increased flexion in swing and stance and better symmetry) and functional outcomes (e.g., higher AMP score or increased in step activity) compared to the C-Leg[®], except for the stepping rate which was found to be better in the C-Leg[®] compared to the Genium[®].

Finally, a third RCT compared the use of a MPK compared to their regular NMPK in 35 individuals [18]. The authors collected data on functional performances and quality of life before and after the use of either prosthesis for 90 days. A significant improvement in locomotor capacities (e.g., improved time to complete the TUG) and global satisfaction (e.g., better scores on the SF-36) was observed in the MPK versus the NMPK groups.

See table 2 for a summary of the main findings for the RCTs.

Follow-up studies

Five follow-up studies were identified, including between 21 and 100 amputees. Two studies assessed the effects of MPK [19, 20] (for about three months) in a group of patients who previously used NMPK and evaluated the Stair or Hill Assessments Index (SAI, HAI), the Locomotor Capability Index (LCI-5 [21]) and the SF-36 [22]. Both studies reported a significant improvement of motor and physical functions when patients used MPK. Regarding the SF-36, vitality and general

sub-scores were improved, but there was no improvement regarding emotional role, mental health, social role, physical role or pain scores.

Two prospective clinical trials compared two samples of 50 and 57 amputees over a 4 and 10-week periods, respectively [23, 24]. They both evaluated functional changes between the use of MPK versus NMPK; the second study also assessed the patients' quality of life with the SF-36, with greater improvement in various motor tests in the MPK group compared to the NMPK group in both studies.

Finally, one prospective clinical trial evaluated a group of 75 previously fitted amputees and a group of 25 non-previously fitted amputees after 6 months of use of a C-Leg [25]. This study suggests that active TFA with a prescribed C-Leg® may show improved locomotor ability, satisfaction and physical component of quality of life as compared with the experience with a previous mechanical device.

See table 3 for a summary of the main findings for the follow-up studies.

Cross-section studies

Six cross-sectional studies were identified with a number of participants varying from 29 to 602. The authors compared either two groups of amputees with and without a MPK or various types of MPKs.

One trial evaluated the spatiotemporal and kinematic gait parameters in a group of 29 amputees using a MPK compared to a NMPK [26]. The authors found an increase in gait speed in the MPK compared to the NMPK groups, while the other gait parameters were not modified with the MPK.

Four retrospective trials investigated the differences in mobility in a group of MPK compared to NMPK. One trial including 50 participants per group found a higher quality of life in the group of

patients using a MPK [27]. On the other hand, two other studies did not identify significant differences in functionality [28] nor in walking ability [29]. However, Möller et al. [29], found an increase in cortical brain activity, as measured with functional near infrared spectroscopy, over the prefrontal and motor cortices, for NMPK users compared to MPK users.

Another trial on 450 patients, including a third group of patients of below-knee prosthesis users (BKA), reported a greater mobility for the group of MPK compared to NMPK but less compared to the group of BKA [30].

Finally, a large sample (n=602) retrospective trial compared different types of MPKs [31]. Patients' functional mobility and satisfaction were similar among the four groups, as well as for the number of falls. A better quality of life was identified for the group using the C-Leg[®] compared to the Plié[®]. No other difference was found for any of the other variables.

See table 4 for a summary of the main findings for the transversal studies.

INSERT TABLES 2, 3, 4 AROUND HERE

Risk of bias [10]

Regarding the RCT, Risk of Bias (RoB) for sequence generation was found to be low in two trials, while for the allocation concealment the RoB was found to be unclear, and high for the blinding of participants and assessors. The RoB for incomplete outcome data was found to be low in two studies and high in one, as for selective reporting. Regarding the follow-up and cross-sectional

studies, one was considered as good and the other 9 as fair. See supplementary material for the detail of the RoB analysis.

Discussion

The main aim of the present review was to provide insight on the impact of the use of MPKs (all types combined) on patients' mobility and quality of life.

So far, only three RCTs (including one for which five manuscripts were published) [11, 13–16, 18] evaluated the effects of MPKs on these outcomes. Taken together, our findings tend to show that the use of MPK compared to NMPK induces an improvement of walking abilities and quality of life [32]. Similar findings were reported for the use of a Genium[®] prosthesis compared to the C-Leg[®] [13–17], except for stepping rate, which was higher for the C-Leg[®] [15].

For the other study designs, overall, follow-up trials highlighted a better functional status and quality of life in patients who benefited from MPK compared to NMPK [19, 20, 23–25]. However, the results of the cross-sectional studies were relatively mixed. Quality of life was the only outcome which seemed to be enhanced in MPK in a reproducible manner throughout the cross-sectional studies. Regarding the trials assessing different types of MPKs, no clear and consistent difference in performance nor quality of life was found, suggesting that there is no specific type of MPK outperforming the others based on the available data published so far. Even if positive results were found in favor of MPK, the overall quality of the studies was not optimal and therefore, the above-mentioned results should be interpreted with caution.

MPK versus NMPK

When looking at the mobility parameters, the tested outcomes widely varied among studies.

Some authors reported specific gait parameters including 3D analysis, while others collected walking speed, risk of falls, stair or hill assessment index, the Timed-Up and Go [33] or more

global questionnaires taking into account different facets of the patients' mobility and autonomy such as the Prosthetic Limb Users Survey of Mobility (PLUS-M [34]), Locomotor Capability Index (LCI-5) or the General Self-Efficacy (GSE). Mobility, measured with the LCI-5 or with walking speed, seems to be improved when using MPK compared to NMPK [20, 25, 32]. On the other hand, no clear impact on the risk of falls and gait parameters was highlighted. Moreover, it should be noted that the risk of falls might be biased by the patient's functional status, as the more they engage in strenuous physical activity thanks to the MPK, the higher the risk of falling. No difference for the PLUS-M, nor the GSE was found.

Regarding the outcomes collected to evaluate patients' quality of life, most studies reported the Questionnaire for Persons with a Transfemoral Amputation (Q-TFA [35]) or the Prosthesis Evaluation Questionnaire (PEQ [36]). Generic quality of life questionnaires were also used such as the SF36 or the EQ5D. All studies using the SF-36 reported better results for MPK compared to NMPK. Taken together, patients locomotor functions and mobility, as well as overall quality of life seem to be improved with the use of a MPK.

One study investigated patients' brain activity while they were walking with a MPK compared to NMPK and found an increased brain activity (prefrontal and motor cortices) for NMPK users compared to MPK users [29]. The authors interpreted this finding by a reduction of cognitive resources required for patients walking with a MPK compared to NMPK, which could also have an impact on the risk of falls as well as the patient's fatigue or ability to walk a longer distance. Previous near infrared spectroscopy studies on patients with gait pathologies such as Parkinson or multiple sclerosis, have shown an increased brain activity over the prefrontal cortex mainly [37–39]. The fact that MPK users seem to require brain activity to a lesser extent to conduct similar tasks is another advantage of the technique as their brain activity seems to be closer to what is observed in healthy individuals.

Comparing different types of MPKs

Only one RCT reported a beneficial effect of Genium[®] compared to C-Leg[®] [13–17] in gait parameters such as increased flexion, balance, endurance, or walking symmetry and one cross-sectional study compared the impact of different MPKs on quality of life and identified a greater quality of life for the C-Leg[®] compared to the Plié[®] [31].

A previous systematic review evaluated the benefits of the Genium[®] compared to the C-Leg[®] on patients functional status and quality of life[8]. The authors of this review concluded that transitioning from conventional MPKs (i.e., C-Leg[®]) to Genium[®] MPK resulted in more physiological gait, more equally distributed loading between the prosthetic and sound limbs, as well as reduced compensatory movements on the sound side. Genium[®] also significantly improved mobility, performance in activities of daily living, and quality of life in the patients using a conventional MPK (i.e., C-Leg[®]).

It should be noted that many studies comparing different types of MPKs were carried-out with a small number of patients and, therefore, are not reported in the present systematic review as we only included trials with at least 20 participants in order to have a representative sample and avoid case-reports and case-series.

In addition, it is important to mention that the functionalities of the C-Leg[®] have been improved over time and the nowadays available C-Leg[®] MPK is more alike to the Genium[®] compared to those available five or ten years ago. Therefore, the superiority of the Genium[®] over the C-Leg[®] observed in previous studies might not be as important today.

Economic considerations

Although we did not include the economic impact of MPK in the present systematic review, we believe that this aspect is worth discussing. MPKs are prescribed to active individuals with TFA

with the belief that the prosthesis will improve their functional status and quality of life. However, these prostheses are expensive and the cost-effectiveness is not well determined in the TFA population, which can greatly influence health care systems' decisions. So far, only a couple of studies have evaluated the cost-effectiveness of MPK over NMPK [40, 41]. In a first study conducted in the USA, NMPK users were compared to MPK users over a 10-year period [40]. The authors found that for every 100 persons, MPK resulted in 82 fewer major injurious falls, 62 fewer minor injurious falls, 16 fewer incidences of osteoarthritis, and 11 lives saved. In addition, on a per person per year basis, MPK reduced direct healthcare cost by \$3676 and indirect cost by \$909, but increases device acquisition and repair cost by \$6287 and total cost by \$1702. Moreover, on a per person basis, MPK was associated with an incremental total cost of \$10,604 and increased the number of life years by 0.11 and quality adjusted life years by 0.91. Finally, the authors concluded that MPK had an incremental cost-effectiveness ratio of \$11,606 per quality adjusted life year, and the economic benefits of MPK are consistent in various sensitivity analyses. Similarly, in a second study conducted in Germany, the cost-effectiveness and budget impact of MPK in TFA with and without diabetes was compared to a population of patients using NMPK [41]. Results of the study suggest that the MPK provides substantial additional health benefits (less fall-related hospitalizations and fall-related deaths) compared to NMPK and is likely to be cost-effective in TFA, both for patients with and without diabetes at an incremental cost-effectiveness ratio threshold of 40,000€ per quality-adjusted life year gained. These two studies confirm that in addition to the effects of MPK on patients' functional status and quality of life, as shown in our review, MPK seem to be cost-effective compared to NMPK, which surpasses the initial cost of the MPK.

Limitations

It should be acknowledged that all included studies were not blinded, even for the assessors, which limit the validation and generalization of the results. The sample size in most publications was between 20 (based on our inclusion criteria) and 35 subjects with the exception of a few larger cross-sectional studies. On the other hand, we excluded a large number of studies which included less than 20 subjects and therefore, pilot and preliminary findings reported in these articles are not reported here.

Internal validity of the reviewed studies could be further improved by including information addressing fatigue and learning, as well as accommodation time, effect size calculation and reporting attrition rate as well as conflict of interest. It should also be noted that five articles were published out of the same study protocol, however, not reporting that data had already been analyzed and published elsewhere. The results of these five studies were presented as a single clinical trial; however, more transparency is recommended in the future when publishing various articles using the same protocol and dataset.

Conclusion

Taken together, the results of the present review tend to demonstrate a superiority in technical parameters and locomotor performances of patients using a MPK compared to a NMPK. Beyond functional status, the improvement reflected by the quality of life tests seems to represent an important dimension for the decisions to be taken in public health. From an economic standpoint, MPK seems to outperform NMPK as well. On the other hand, additional benefits of one MPK over another is less clear. Given this current gap in knowledge, future studies should be conducted to determine the possible additional benefit of one type of MPK compared to another.

References

1. Miller WC, Speechley M, Deathe B (2001) The prevalence and risk factors of falling and fear of falling among lower extremity amputees. *Arch Phys Med Rehabil.*
<https://doi.org/10.1053/apmr.2001.24295>
2. LE P, TR D, EJ M (2000) Rehabilitation and the long-term outcomes of persons with trauma-related amputations. *Arch Phys Med Rehabil.* [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(00\)90074-1](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(00)90074-1)
3. Sinha R, Rehabilitation WVDH-D and, 2011 undefined (2011) A systematic literature review of quality of life in lower limb amputees. *Taylor Fr* 33:883–899
4. Chen MC, Lee SS, Hsieh YL, Wu SJ, Lai CS, Lin SD (2008) Influencing factors of outcome after lower-limb amputation: a five-year review in a plastic surgical department. *Ann Plast Surg* 61:314–318
5. Sawers AB, Hafner BJ (2013) Outcomes associated with the use of microprocessor-controlled prosthetic knees among individuals with unilateral transfemoral limb loss: A systematic review. *J Rehabil Res Dev* 50:273–314
6. Theeven PJR, Hemmen B, Brink PRG, Smeets RJEM, Seelen HAM (2013) Measures and procedures utilized to determine the added value of microprocessor-controlled prosthetic knee joints: A systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.*
<https://doi.org/10.1186/1471-2474-14-333>
7. Kannenberg A, Zacharias B, Pröbsting E (2014) Benefits of microprocessor-controlled prosthetic knees to limited community ambulators: Systematic review. *J Rehabil Res Dev* 51:1469–1496

8. Mileusnic MP, Rettinger L, Highsmith MJ, Hahn A (2019) Benefits of the Genium microprocessor controlled prosthetic knee on ambulation, mobility, activities of daily living and quality of life: a systematic literature review. *Disabil Rehabil Assist Technol*. <https://doi.org/10.1080/17483107.2019.1648570>
9. C S, MB A, T O, S K, P F (2007) Utilization of the PICO framework to improve searching PubMed for clinical questions. *BMC Med Inform Decis Mak*. <https://doi.org/10.1186/1472-6947-7-16>
10. Higgins JPT, Altman DG, Gøtzsche PC, Jüni P, Moher D, Oxman AD, Savović J, Schulz KF, Weeks L, Sterne JAC (2011) The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. <https://doi.org/10.1136/BMJ.D5928>
11. Theeven P, Hemmen B, Rings F, Meys G, Brink P, Smeets R, Seelen H (2011) Functional added value of microprocessor-controlled prosthetic knee joints in daily life performance of Medicare Functional Classification Level-2 amputees. *J Rehabil Med* 43:906–915
12. Theeven P, Hemmen B, Stevens C, Limer E, Brink P, Seelen H (2010) Feasibility of a new concept for measuring actual functional performance in daily life of transfemoral amputees. *J Rehabil Med* 42:744–751
13. Lura DJ, Wernke MM, Carey SL, Kahle JT, Miro RM, Highsmith MJ (2015) Differences in knee flexion between the Genium and C-Leg microprocessor knees while walking on level ground and ramps. *Clin Biomech* 30:175–181
14. Highsmith MJ, Klenow TD, Kahle JT, Wernke MM, Carey SL, Miro RM, Lura DJ (2016) Effects of the Genium Microprocessor Knee System on Knee Moment Symmetry During Hill Walking. *Technol Innov* 18:151–157

15. Highsmith MJ, Kahle JT, Wernke MM, Carey SL, Miro RM, Lura DJ, Sutton BS (2016) Effects of the Genium Knee System on Functional Level, Stair Ambulation, Perceptive and Economic Outcomes In Transfemoral Amputees. *Technol Innov* 18:139–150
16. Highsmith MJ, Kahle JT, Miro RM, Cress ME, Lura DJ, Quillen WS, Carey SL, Dubey R V., Mengelkoch LJ (2016) Functional performance differences between the genium and C-leg prosthetic knees and intact knees. *J Rehabil Res Dev* 53:753–766
17. Lura DJ, Wernke MW, Carey SL, Kahle JT, Miro RM, Highsmith MJ (2017) Crossover study of amputee stair ascent and descent biomechanics using Genium and C-Leg prostheses with comparison to non-amputee control. *Gait Posture* 58:103–107
18. Lansade C, Vicaut E, Paysant J, Ménager D, Cristina MC, Braatz F, Domayer S, Pérennou D, Chiesa G (2018) Mobility and satisfaction with a microprocessor-controlled knee in moderately active amputees: A multi-centric randomized crossover trial. *Ann Phys Rehabil Med* 61:278–285
19. Highsmith MJ, Kahle JT, Miro RM, Mengelkoch LJ (2013) Ramp descent performance with the C-Leg and interrater reliability of the Hill Assessment Index. *Prosthet Orthot Int* 37:362–368
20. Şen Eİ, Aydın T, Buğdaycı D, Kesiktaş FN (2020) Effects of microprocessor-controlled prosthetic knees on self-reported mobility, quality of life, and psychological states in patients with transfemoral amputations. *Acta Orthop Traumatol Turc* 54:502–506
21. Franchignoni F, Orlandini D, Ferriero G, Moscato TA (2004) Reliability, validity, and responsiveness of the locomotor capabilities index in adults with lower-limb amputation undergoing prosthetic training. *Arch Phys Med Rehabil* 85:743–748

22. Ware JE, Sherbourne CD (1992) The MOS 36-item short-form health survey (Sf-36): I. conceptual framework and item selection. *Med Care* 30:473–483
23. Kaufman KR, Bernhardt KA, Symms K (2018) Functional assessment and satisfaction of transfemoral amputees with low mobility (FASTK2): A clinical trial of microprocessor-controlled vs. non-microprocessor-controlled knees. *Clin Biomech.*
<https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2018.07.012>
24. Burçak B, Kesikburun B, Köseoğlu BF, Öken Ö, Doğan A (2020) Quality of life, body image, and mobility in lower-limb amputees using high-tech prostheses: A pragmatic trial. *Ann Phys Rehabil Med.* <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2020.03.016>
25. Lansade C, Chiesa G, Paysant J, Vicaut E, Cristina MC, Ménager D (2020) Impact of C-LEG on mobility, satisfaction and quality of life in a multicenter cohort of femoral amputees. *Ann Phys Rehabil Med.* <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2020.03.011>
26. Mâaref K, Martinet N, Grumillier C, Ghannouchi S, André JM, Paysant J (2010) Kinematics in the Terminal Swing Phase of Unilateral Transfemoral Amputees: Microprocessor-Controlled Versus Swing-Phase Control Prosthetic Knees. *Arch Phys Med Rehabil* 91:919–925
27. Gerzeli S, Torbica A, Fattore G (2009) Cost utility analysis of knee prosthesis with complete microprocessor control (C-leg) compared with mechanical technology in transfemoral amputees. *Eur J Heal Econ* 10:47–55
28. Möller S, Hagberg K, Samulesson K, Ramstrand N (2018) Perceived self-efficacy and specific self-reported outcomes in persons with lower-limb amputation using a non-microprocessor-controlled versus a microprocessor-controlled prosthetic knee. *Disabil*

Rehabil Assist Technol 13:220–225

29. Möller S, Rusaw D, Hagberg K, Ramstrand N (2019) Reduced cortical brain activity with the use of microprocessor-controlled prosthetic knees during walking. *Prosthet Orthot Int* 43:257–265
30. Wurdeman SR, Stevens PM, Campbell JH (2020) Mobility analysis of amputees (MAAT 3): Matching individuals based on comorbid health reveals improved function for above-knee prosthesis users with microprocessor knee technology. *Assist Technol* 32:236–242
31. Campbell JH, Stevens PM, Wurdeman SR (2020) OASIS 1: Retrospective analysis of four different microprocessor knee types. *J Rehabil Assist Technol Eng* 7:205566832096847
32. Lansade C, Vicaut E, Paysant J, Ménager D, Cristina MC, Braatz F, Domayer S, Pérennou D, Chiesa G (2018) Mobility and satisfaction with a microprocessor-controlled knee in moderately active amputees: A multi-centric randomized crossover trial. *Ann Phys Rehabil Med*. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.04.003>
33. Richardson S (1991) The Timed “Up & Go”: A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *J Am Geriatr Soc*. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>
34. Hafner BJ, Morgan SJ, Askew RL, Salem R (2016) Psychometric evaluation of self-report outcome measures for prosthetic applications. *J Rehabil Res Dev* 53:797–812
35. Hagberg K, Brånemark R, Hägg O Questionnaire for Persons with a Transfemoral Amputation (Q-TFA): Initial validity and reliability of a new outcome measure. *J Rehabil Res Dev* 41:695–706
36. Legro MW, Reiber GD, Smith DG, Del Aguila M, Larsen J, Boone D (1998) Prosthesis

- evaluation questionnaire for persons with lower limb amputations: Assessing prosthesis-related quality of life. *Arch Phys Med Rehabil* 79:931–938
37. Maidan I, Bernad-Elazari H, Gazit E, Giladi N, Hausdorff JM, Mirelman A (2015) Changes in oxygenated hemoglobin link freezing of gait to frontal activation in patients with Parkinson disease: an fNIRS study of transient motor-cognitive failures. *J Neurol* 262:899–908
38. Maidan I, Nieuwhof F, Bernad-Elazari H, Reelick MF, Bloem BR, Giladi N, Deutsch JE, Hausdorff JM, Claassen JAH, Mirelman A (2016) The Role of the Frontal Lobe in Complex Walking among Patients with Parkinson’s Disease and Healthy Older Adults: An fNIRS Study. *Neurorehabil Neural Repair* 30:963–971
39. Chaparro G, Balto JM, Sandroff BM, Holtzer R, Izzetoglu M, Motl RW, Hernandez ME (2017) Frontal brain activation changes due to dual-tasking under partial body weight support conditions in older adults with multiple sclerosis. *J Neuroeng Rehabil*. <https://doi.org/10.1186/s12984-017-0280-8>
40. Chen C, Hanson M, Chaturvedi R, Mattke S, Hillestad R, Liu HH (2018) Economic benefits of microprocessor controlled prosthetic knees: A modeling study. *J Neuroeng Rehabil*. <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0405-8>
41. Kuhlmann A, Krüger H, Seidinger S, Hahn A (2020) Cost-effectiveness and budget impact of the microprocessor-controlled knee C-Leg in transfemoral amputees with and without diabetes mellitus. *Eur J Heal Econ* 21:437–449
42. Kaufman KR, Bernhardt KA, Symms K (2018) Functional assessment and satisfaction of transfemoral amputees with low mobility (FASTK2): A clinical trial of microprocessor-

controlled vs. non-microprocessor-controlled knees. Clin Biomech 58:116–122

Conflicts of interest: The authors report no conflict of interest.

Funding: Part of Aurore Thibaut and Charlotte Beudart salary is paid by the Fonds CNRF, Fondation Léon Frederic, University Hospital of Liège.

Authors' contributions: AT and CB were responsible for the study protocol, study selection and data extraction, analysis and interpretation of data and drafting the article. MB, was responsible for interpretation of data and drafting the article. SG, JFK and DP were responsible for interpretation of data and revising the article. All authors read and approved the final version of the manuscript”.

Acknowledgments: The authors thank the Fonds CNRF and the Fondation Léon Fredericq.

Tables

Table 1: Search strategy on Medline

Database: Ovid MEDLINE(R) and Epub Ahead of Print, In-Process & Other Non-Indexed Citations, Daily and Versions(R) <1946 to February 15, 2021>
1 (MPK or MPKS or NMPK or NMPKS).ti,ab,kf. (401)
2 microprocessor*.ti,ab,kf. (2777)
3 (C-Leg or Genium).ti,ab,kf. (74)
4 knee*.ti,ab,kf. (157240)
5 or/1-3 (3184)
6 5 and 4 (175)
7 ((mechatronic* or mechanic*) adj3 knee*).ti,ab,kf. (68)
8 6 or 7 (239)

Table 2 - Randomized controlled trials

Authors	Design	Sample	Age (mean±SD) & gender & Etiology	Etiology	Length	Type of MPK	Main outcomes	Main results	Finding sources & COI
Theeven et al, 2011 [11]	Crossover	30	59.1 ± 13.0 22 men	23 trauma 6 vascular 1 tumor	7 days of use (C-Leg, C-Leg Compact & mechanic)	C-Leg & C-Leg-Compact	ADAPT circuit	1. Time to complete ADAPT shorter for “intermediate” and “high” subgroups, for both MPKs 2. No difference for the group “low”	Grant provided by otto Bock Healthcare GmbH, vienna, Austria. The authors had the full and unrestricted right regarding: (i) the establishing of results of the investigation leading to scientifically

This document is protected by international copyright laws. No additional reproduction is authorized. It is permitted for personal use to download and save only one file and print only one copy of this Article. It is not permitted to make additional copies (either sporadically or systematically, either printed or electronic) of the Article for any purpose. It is not permitted to distribute the electronic copy of the article through online internet and/or intranet file sharing systems, electronic mailing or any other means which may allow access to the Article. The use of all or any part of the Article for any Commercial Use is not permitted. The creation of derivative works from the Article is not permitted. The production of reprints for personal or commercial use is not permitted. It is not permitted to remove, cover, overlay, obscure, block, or change any copyright notices or terms of use which the Publisher may post on the Article. It is not permitted to frame or use framing techniques to enclose any trademark, logo, or other proprietary information of the Publisher.

									corroborated conclusions; and (ii) the presentation of any result or conclusion resulting from the investigation, independent of any other party or grant provider.
Lura et al, 2015 Highsmith et al, 2016a,b,c Lura et al, 2017 [13–17]	Crossover	20	46.5 ± 14.2 16 men	14 trauma 4 tumor 2 vascular	2 weeks to 3 months (C-Leg & Genium)	C-Leg, Genium	3D gait analysis, CS-PFP10, SAI, FSST, AMP, SAD-FL, DoA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Genium knee increased flexion in swing and stance 2. Genium knee improved upper-body flexibility, balance, and endurance, measured with the CS-PFP10. 3. Mean stair completion times and descent stepping rate were not different between knees. 4. Stair ascent stepping rate for C-Leg was greater compared to Genium 5. FSST was faster for Genium 6. AMP and SAD-FL increased for Genium 7. DoA improved for Genium 	Support from the Florida High Tech Corridor/University of Southern Florida Connect and Ottobock Healthcare. The sponsors had no role in the study design, manuscript writing, or decision to submit the manuscript for publication. The authors have declared that no competing interests exist.
Lansade et al 2018 [32]	Crossover	35	65.6 ± 10.1 27men	20 vascular 4 diabetic 8 trauma 4 tumor 3 infection	MPK: 3m NMPK : 1m	Kenevo, OttoBock	TUG, LCI-5, falls & SF-36	<ol style="list-style-type: none"> 1. TUG was shorter for MPK 2. LCI-5 improved for MPK 3. No difference for number of falls 4. SF-36 was better for MPK 	The sponsor provided MPK devices for the study, training sessions for ortho-prosthetists and rehabilitation teams, and support to monitor the multi-centric study according to the planning defined in the protocol. The sponsor had no role in the design of this study, defined by an

This document is protected by international copyright laws. No additional reproduction is authorized. It is permitted for personal use to download and save only one file and print only one copy of this Article. It is not permitted to make additional copies (either sporadically or systematically, either printed or electronic) of the Article for any purpose. It is not permitted to distribute the electronic copy of the article through online internet and/or intranet file sharing systems, electronic mailing or any other means which may allow access to the Article. The use of all or any part of the Article for any Commercial Use is not permitted. The creation of derivative works from the Article is not permitted. The production of reprints for personal or commercial use is not permitted. It is not permitted to remove, cover, overlay, obscure, block, or change any copyright notices or terms of use which the Publisher may post on the Article. It is not permitted to frame or use framing techniques to enclose any trademark, logo, or other proprietary information of the Publisher.

									advisory board, and no role in data collection, data treatment and data analysis.
--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

Amputee Mobility Predictor (AMP), Assessment of Daily Activity Performance in Transfemoral amputees (ADAPT), Conflict of interest (COI), Continuous Scale of Physical Functional Performance (CS-PFP10), Degree of Asymmetry (DoA), Four Square Step Test (FSST), Locomotor Capability Index (LCI), Microprocessor-Controlled Knees (MPK), Non Microprocessor-Controlled Knees (NMPK), Stair Assessment Index (SAI), Step Activity Derived Functional Level (SAD-FL), Short-Form 36 (SF-36), Timed-Up and Go (TUG).

Table 3 - Follow-up studies

Authors	Design	Sample	Age (mean±SD) & gender	Etiology	Length	Type of MPK	Main outcomes	Main results	Finding sources & COI
Highsmith et al, 2013 [19]	Single subject design clinical trial	21 (all MPK)	52.1 ± 18.6 11 men	8 vascular 8 trauma 4 congenital 1 tumor	90 days	C-Leg	HAI	1. Higher HAI score for MPK compared to NMPK	No sponsor No COI declared.
Kaufman et al 2018 [42]	Prospective non-randomized crossover trial	50 (all MPK)	69 ± 9 28 men	25 arterial disease 13 infection 5 trauma 4 thrombosis 2 tumor 1 blood disorder	MPK: 10 weeks NMPK: 4 weeks	C-Leg Compact, Ossur Rheo 3, Endolite Orion 2, Freedom Innovatio Plié 3	Falls, % sitting, activity level, gait (entropy)	1. Reduction of falls for MPK 2. Less time sitting for MPK 3. Higher activity level for MPK 4. No difference in entropy (gait)	American Orthotic and Prosthetic Association. No COI declared.
Lansade et al, 2020 [25]	Observational, longitudinal, multicenter, prospective	100 75 previously fitted 25 non-previously fitted	46 ± 13.6 75 men	56 trauma 27 tumor 8 vascular 2 congenital 1 diabetic 6 others	6 months	C-Leg	LCI-5, falls, SF-36 (PCS)	1. Improvement of LCI-5 for MPK 2. Reduction of falls for MPK 3. Improvement of SF-36 (PCS) for MPK	The study was sponsored by Otto Bock France. The funder had no role in the design of the study, collection, treatment or

This document is protected by international copyright laws. No additional reproduction is authorized. It is permitted for personal use to download and save only one file and print only one copy of this Article. It is not permitted to make additional copies (either sporadically or systematically, either printed or electronic) of the Article for any purpose. It is not permitted to distribute the electronic copy of the article through online internet and/or intranet file sharing systems, electronic mailing or any other means which may allow access to the Article. The use of all or any part of the Article for any Commercial Use is not permitted. The creation of derivative works from the Article is not permitted. The production of reprints for personal or commercial use is not permitted. It is not permitted to remove, cover, overlay, obscure, block, or change any copyright notices or terms of use which the Publisher may post on the Article. It is not permitted to frame or use framing techniques to enclose any trademark, logo, or other proprietary information of the Publisher.

Burçak et al, 2020 [24]	Single subject design clinical trial	57 33 MPK 24 NMPK	39.6 ± 11 53 men	41 trauma 8 vascular 1 tumor 7 others	4 weeks	Not reported	6-min walk test, SF-36	1. 6-min walk test faster for MPK 2. Improvement of SF-36 for MPK	No COI declared. No sponsor No COI declared.
Sen et al, 2020 [20]	Single subject design clinical trial	30 (all MPK)	38.5 ± 10.1 28 men	20 trauma 4 congenital 3 tumor 2 vascular 1 infection	3 months	C-Leg, Plié, Rheo Knee, Orion	LCI-5, SF-36	1. Improvement of LCI-5 when using the MPK 2. Improvement in physical function, vitality and general but not on emotional role, mental health, social role, physical role or pain scores (SF-36)	No sponsor No COI declared.

Conflict of interest (COI), Hill Assessments Index (HAI), Locomotor Capability Index (LCI-5), Microprocessor-Controlled Knees (MPK), Non Microprocessor-Controlled Knees (NMPK), Short-From 36 (SF-36).

Table 4 - Cross-sectional studies

Authors	Sample	Age (mean±SD) & gender	Etiology	Type of MPK	Main outcomes	Main results	Finding sources & COI
Gerzeli et al., 2009 [27]	100 - 50 MPK - 50 NMPK	45.8 ± 11.8 MPK 45 ± 12 NMPK 88 men	96 trauma 4 other	C-Leg	EQ5D	1. Highest EQ5D scores for C-Leg	The study was supported by a grant from Ottobock. No COI reported.
Maaref et al., 2010 [26]	29 - 14 MPK - 15 NMPK	45 ± 14 25 men	27 trauma 2 tumor	Not reported	3D gait analysis	1. Faster gait for MPK 2. Other parameters (stride length, stance phase duration, knee extension and latency period) were not different	No funding reported. No commercial party having a direct financial interest in the results of the research supporting this article has or will confer a benefit on the authors or on any organization with which the authors are associated.
Moller et al., 2018	42 - 23 NMPK	49 ± 12.7 28 men	24 trauma 13 tumor	Not reported	GSE, Q-TFA	1. No difference in GSE 2. No difference in Q-	This research was funded in part by Ossur and TeamOlmed. The

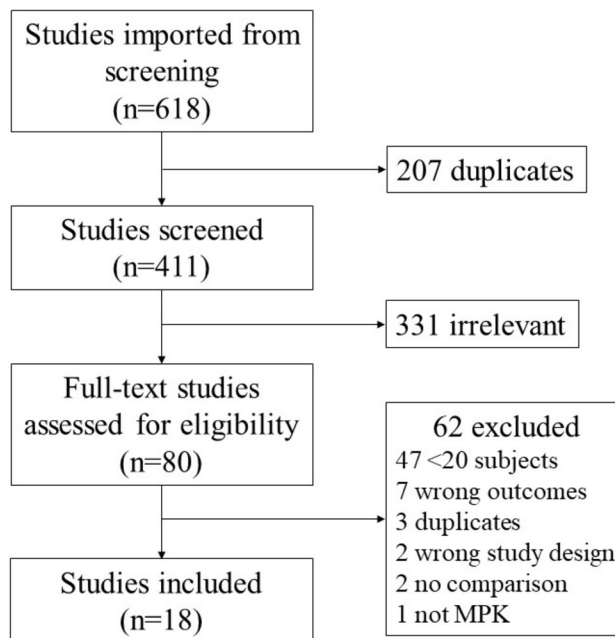
This document is protected by international copyright laws. No additional reproduction is authorized. It is permitted for personal use to download and save only one file and print only one copy of this Article. It is not permitted to make additional copies (either sporadically or systematically, either printed or electronic) of the Article for any purpose. It is not permitted to distribute the electronic copy of the article through online internet and/or intranet file sharing systems, electronic mailing or any other means which may allow access to the Article. The use of all or any part of the Article for any Commercial Use is not permitted. The creation of derivative works from the Article is not permitted. The production of reprints for personal or commercial use is not permitted. It is not permitted to remove, cover, overlay, obscure, block, or change any copyright notices or terms of use which the Publisher may post on the Article. It is not permitted to frame or use framing techniques to enclose any trademark, logo, or other proprietary information of the Publisher.

							authors alone are responsible for the content and writing of this article.
Moller et al., 2019 [29]	29 - 15 MPK - 14 NMPK	50.4 year 23 men	13 trauma 11 tumor 4 vascular 1 infection	VGK, C-Leg, Rheo, Genium.	6-min walk, steps, 10-meter test	3. No difference in distance 4. No difference in number of steps 5. No difference in walking speed	This research was funded in part by Promobilia foundation, Össur and Team Olmed. No COI declared.
Wurdeman et al., 2020 [30]	450 - 150 NMPK - 150 MPK - 150 BKA	NMPK: 57.6 ± 17.2 MPK: 56.5 ± 13.8 BKA: 58.4 ± 12.2 346 men	167 diabetes vascular 111 trauma 40 infection 19 tumor 14 congenital 24 others 75 not reported	Not reported	PLUS-M	1. Mobility greater for MPK compared to NMKA but not compared to BKA	Support for this work was partially provided by a Small Grant Award (EB-043016) from the American Orthotics and Prosthetics Association. No COI declared.
Campbell et al., 2020 [31]	602 (all MPK)	C-Leg: 61.23 [48.78,68.11] Orion: 57.97 [46.15,67.74] Plie: 56.95 [46.76,65.27] Rheo: 58.63 [44.67,66.22] 448 men	177 vascular diabetes 146 non-vascular diabetes 279 unspecified	- 68 Rheo users - 178 C-Leg - 178 Orion - 178 Plie	PLUS-M, falls, PEQ	1. No difference on the PLUS-M score 2. No difference in falls 3. Nreater QOL for C-Leg	The author(s) received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article. No COI declared.

12-item Prosthetic Limb Users Survey of Mobility (PLUS-M), Below the Knee Amputation (BKA), Conflict of interest (COI), General Self-Efficacy (GSE), Microprocessor-Controlled Knees (MPK), Non Microprocessor-Controlled Knees (NMPK), Questionnaire for Persons with a Trans-femoral Amputation (Q-TFA), Prosthesis Evaluation Questionnaire (PEQ).

Titles of Figures

Figure 1. PRISMA flowchart



ANNEXE 3



Outcomes of Patients with Lower Limb Loss after Using a Training Prosthesis: A Retrospective Case Series Study

Doriane PELZER, Charlotte BEAUDART, Stephen BORNHEIM, Benoit MAERTENS DE
NOORDHOUT, Cédric SCHWARTZ, Jean-François KAUX

Healthcare

Article

Outcomes of Patients with Lower Limb Loss after Using a Training Prosthesis: A Retrospective Case Series Study

Doriane Pelzer¹, Charlotte Beudart², Stephen Bornheim¹, Benoît Maertens de Noordhout¹ , Cédric Schwartz¹ and Jean-François Kaux^{1,*} 

¹ Physical Medicine, Rehabilitation and Sports Traumatology Department, University and University Hospital of Liège, 4000 Liège, Belgium; dpelzer@chuliege.be (D.P.); stephen.bornheim@uliege.be (S.B.); bmaertens@chuliege.be (B.M.d.N.); cedric.schwartz@uliege.be (C.S.)

² Clinical Pharmacology and Toxicology Research Unit, Department of Biomedical Sciences, Namur Research Institute for Life Sciences (NARILIS), Faculty of Medicine, University of Namur, 5000 Namur, Belgium; charlotte.beudart@unamur.be

* Correspondence: jfkau@chu.ulg.ac.be

Abstract: The aim of this retrospective case series study was to investigate outcomes in patients with lower limb loss based on whether or not they used a training prosthesis (TP) during rehabilitation. The medical records of 171 consecutive patients admitted to rehabilitation hospitalization between January 2014 and December 2018 following a major amputation of the lower limb were reviewed. Patients were categorized into two groups: patients who underwent rehabilitation with a TP and patients who did not use a TP. Outcomes (i.e., discharge destination, length of stay, number of sockets required, and number of the size adaptation of each socket, as well as functional level) were compared between groups. Of the 171 patients, 126 underwent rehabilitation with a TP, and 45 patients underwent rehabilitation without any TP. In conclusion, we found that patients who used a TP had a significantly shorter hospital length of stay when compared to those who did not. This length of stay for patients with TP was not influenced by age but was lowered by a higher body mass index (BMI), tibial instead of femoral amputation, and the male gender. No association was found between the use of TP and discharge destination, functional level, number of socket modifications, and number of sockets required.

Keywords: training prosthesis; rehabilitation; amputation; outcomes



Citation: Pelzer, D.; Beudart, C.; Bornheim, S.; Maertens de Noordhout, B.; Schwartz, C.; Kaux, J.-F. Outcomes of Patients with Lower Limb Loss after Using a Training Prosthesis: A Retrospective Case Series Study. *Healthcare* **2024**, *12*, 567. <https://doi.org/10.3390/healthcare12050567>

Academic Editor: Gianluigi Pasta

Received: 27 December 2023

Revised: 15 February 2024

Accepted: 20 February 2024

Published: 29 February 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

1.1. Background/Rationale

The leading causes of amputation worldwide are vascular diseases, followed by trauma, cancer, and finally congenital impairment [1,2]. Vascular causes are expected to remain the primary reason for amputation for the foreseeable future considering the prevalence of peripheral vascular disease and diabetes. In fact, between 2000 and 2010, the number of people with peripheral arterial disease increased by almost 25% worldwide and concerned high-, middle-, and low-income countries [3]. The global prevalence of diabetes in 2019 has been estimated at 9.3%, and projections for 2030 and 2045 predict an estimated prevalence of 10.2% and 10.9%, respectively [4].

Limb amputation remains a major cause of public health concern today [5], and amputee rehabilitation holds an important place and represents a major challenge for rehabilitation physicians [6,7]. Multicomponent exercise programs showed gait improvements during the early and chronic phases of recovery [8]. Esquenazi and Meier [6] proposed a nine-phase description of amputee rehabilitation: pre-operative, amputation surgery/reconstruction surgery, acute post-surgical, pre-prosthetic, prosthetic prescription, prosthetic training, community integration, vocational rehabilitation, and follow-up.

However, there is a lack of consensus regarding post-operative management strategies in amputee rehabilitation [9]. The choice of soft, rigid, or semi-rigid materials for post-operative dressing is substantially discussed in the literature. The superiority of the rigid system is often mentioned, and it is more favorable than soft systems in reducing stump volume, protecting it from external impacts, improving healing, or even reducing the time between amputation and the acquisition of prosthesis [10,11]. However, soft dressing is conventionally chosen, and this is most likely due to the fragility of the skin and because of the risk of stump injury, particularly vascular stumps, and the difficulties in producing a rigid system [12]. Finally, a recent Cochrane systematic review [13] concludes that there is no certainty on the superiority of rigid dressing compared to soft dressing in terms of stump healing, pain, skin side effects, the length of stay in hospital, and the time between amputation and prosthesis prescription. Interestingly, there seems to be no study on the influence of the type of dressing on comfort, quality of life, or financial aspects [13].

Regarding prosthetic rehabilitation, the second half of the 20th century saw the emergence of immediate post-operative prostheses (IPOP) [12]. Evidence-based data on their efficacy are, however, still lacking in the literature [14,15]. However, the use of these prostheses seems to be associated with a decrease in the number of falls and surgical revisions [16], as well as a decrease in the time between amputation and the prescription of the personalized prosthesis [17]. Immediate prostheses are only prescribed in around 5% of cases, notably due to technical difficulties, skin fragility, and more difficult wound monitoring [18].

While IPOPs are used in the post-operative phase, it is possible to use another type of prosthesis during the pre-prosthetic phase of rehabilitation for training purposes. This training prosthesis (TP) comprises classic modular prosthetic elements fixed to a socket made of plaster and manufactured by following the usual stages of molding the stump and working a positive mold. Although its use is not uncommon, there is a lack of studies on this topic in the literature. However, its use could have an impact on several key rehabilitation outcomes [19], such as length of stay, discharge destination, quality of life, functionality, economic burden, prosthesis fitting, etc.

1.2. Objectives

The aim of our work is therefore to investigate different health rehabilitation outcomes after the rehabilitation of lower limb loss patients, and this is based on whether the patients used a training prosthesis during the rehabilitation program.

2. Methods

2.1. Study Design

This is a retrospective case–control study. It is organized according to STROBE recommendations.

2.2. Setting

The medical records of 208 consecutive patients admitted to rehabilitation centers between January 2014 and December 2018 following a major amputation of the lower limb were retrospectively reviewed. The two hospitals concerned were the University Hospital of Liège Site “CNRF” (Centre Neurologique de Réadaptation Fonctionnelle of Fraiture, Belgium) and the Regional Hospital Center of the Citadelle Site “Château Rouge” (Liège, Belgium). The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and the protocol was approved by the respective Ethics Committees of both centers (2018—12-03V1; JL/bl/TDD2019/11—B412201940866).

2.3. Population

Patients were included in the study if they had undergone a major unilateral or bilateral amputation of the lower limb (above the ankle and below the hip), without restriction of age, comorbidity, or etiology. Major amputations were selected because they

show a difference compared to minor amputations in terms of rehabilitation outcome (walking ability, quality of life, and dependency status) [20].

As the study deals with the consequences of using or not using a training prosthesis, patients were excluded from the study if there was no initial fitting intention for medical reasons or because of the patient's choice.

All patients received 2 h of rehabilitation each day. The treatment included physiotherapy and occupational therapy to work on strengthening, gait rehabilitation, balance, and functionality in daily living activities. When necessary, they also received speech therapy, psychology, and neuropsychology care.

2.4. Variables

A training prosthesis is a rehabilitation tool used during the rehabilitation phase when the condition of the stump allows for it, mainly meaning that there was sufficient healing and the pain was bearable. A metal rod (with or without the knee articulated according to the femoral or tibial status of the amputation) was placed in the plaster cast at its upper end, and it was connected distally to a prosthetic foot. Pictures of the training prosthesis are available in Figure 1.



Figure 1. Femoral and tibial training prosthesis.

This prosthesis is not systematically used in the rehabilitation of the amputee patient because it requires that the patient portrays certain faculties and technical skills. The TP was made by members of the rehabilitation team who have undergone specialized training. The two rehabilitation centers included in this study were selected as both are in the same geographic area; the patients are usually treated by the same surgical teams, and the casting and prosthetics are made by the same teams of prosthetists. In addition, the rehabilitation centers followed the same rehabilitation protocols, and their objectives are usually similar. However, CHU-CNRF regularly integrates the training prosthesis technique into the rehabilitation of amputee patients, while CHR-Château Rouge does not use it.

The impact of TP was assessed based on several outcomes.

Discharge destination: Discharge destination concerns whether patients were allowed to go home or to a nursing facility when they were discharged. This orientation is considered to reflect the autonomy of the patient. The decision was made based on whether the patient

required the implementation of adequate aids or not and if the aids provided sufficient autonomy at home, while living in an NF meant that patients were monitored and that there was constant help from qualified personnel if needed due to insufficient autonomy.

Length of stay in rehabilitation hospitalization is measured based on the number of days between admission to the rehabilitation center and discharge from the center with either continuing rehabilitation as an outpatient or stopping multidisciplinary rehabilitation with or without physiotherapy at home. The day of discharge from rehabilitative hospitalization represents the day on which no further benefit was expected from hospitalization.

The number of sockets required and the number of size adaptations of each socket are related to the stability of the evolution of the stump volume, and it also represents a potential financial factor. This point relates to the first prosthesis prescribed: the “evaluation” prosthesis (EP).

Functional group: At least six months after the prescription of the EP, the definitive prosthesis (DP) can be prescribed based on the category corresponding to the functional level of the patient. There are five categories (in accordance with the Belgian health insurance <https://www.inami.fgov.be> (accessed on 26 February 2024), which is also available in the Appendix A). Category 1 includes patients for whom no walking prospects are expected. The prosthesis fulfills a purely aesthetic function in this category. Category 2 covers patients with a greatly reduced walking function, and prostheses in this category essentially fulfill a transfer function. In category 3, patients have a reduced walking function but can move around without the help of a third person, provided that technical aids are available (walking frame, cane, etc.). The following two categories include patients who can move without technical aid. A walking test is performed for these patients based on their level of amputation. If the results of this test reach or exceed the required value, the patient is classified in category 5. Otherwise, they are classified in category 4. For this study, an additional category was also created, “category 0”, which includes patients who have not had a DP prescription, and this is most often because of prosthesis abandonment or because of very limited use or no desire to change the EP.

3. Bias

The sample size was not equivalent between the two groups. In order to test the robustness of the results, we carried out the same analysis on a new sample comprising 45 patients who did not receive a TP and 45 matched patients who received a TP. They were matched for gender and age (± 5 years).

4. Study Size

Of all records obtained after the database review from 2014 to 2018, we excluded patients for whom there was no fitting intention. Afterward, we excluded patients with insufficient data for each outcome.

5. Quantitative Variables and Statistical Methods

The normality of continuous variables was checked by examining the histogram, the quantile–quantile plot, the Shapiro–Wilk test, and the difference between the mean and median values. Distribution was considered not normal if the data met less than 3 of the 4 conditions. Quantitative variables following a Gaussian distribution were expressed as the mean and standard deviation. Quantitative variables not following a Gaussian distribution were expressed as the median (25th percentile–75th percentile). Qualitative variables were described by absolute (n) and relative (%) frequencies. First, the samples of the two study groups (with TP versus without TP) were compared with each other to check if the characteristics of the population were represented in a similar manner between both groups. Secondly, rehabilitation outcomes were compared between groups. Finally, we performed subgroup analyses on gender, age (<65 years vs. ≥ 65 years), body mass index (BMI) (<25 kg/m² vs. ≥ 25 kg/m²), and amputation level (unilateral femoral vs. tibial), and we measured possible associations between TP and outcomes within each of these subgroups. Because of the non-Gaussian distribution, the non-parametric Mann–Whitney U test was

used to compare continuous outcomes between groups in all the analyses. Categorical variables between groups were compared using the chi-squared (X^2) test. Because of the non-equivalence of the two groups in terms of sample size, we performed an additional analysis in which each patient who did not receive a TP ($n = 45$) was matched to a patient who received a TP ($n = 45$) for gender and age (± 5 years). The same analyses were performed on this new sample to test the robustness of the results. Data were processed using the SPSS Statistics 24 (IBM Corporation, Armonk, NY, USA) software package. All results were considered statistically significant at the 5% critical level.

6. Results

6.1. Participants

From the 208 medical records of patients admitted to the “Château rouge” or “CNRF” during the years from 2014 to 2018 for multidisciplinary rehabilitation following a major amputation in the lower limbs, apparatus intent was noted for 171 of them. Among these 171 patients, some benefited from the TP technique ($n = 126$) and some were rehabilitated without this technique ($n = 45$). A flowchart to specify the sample size is available in Figure 2.

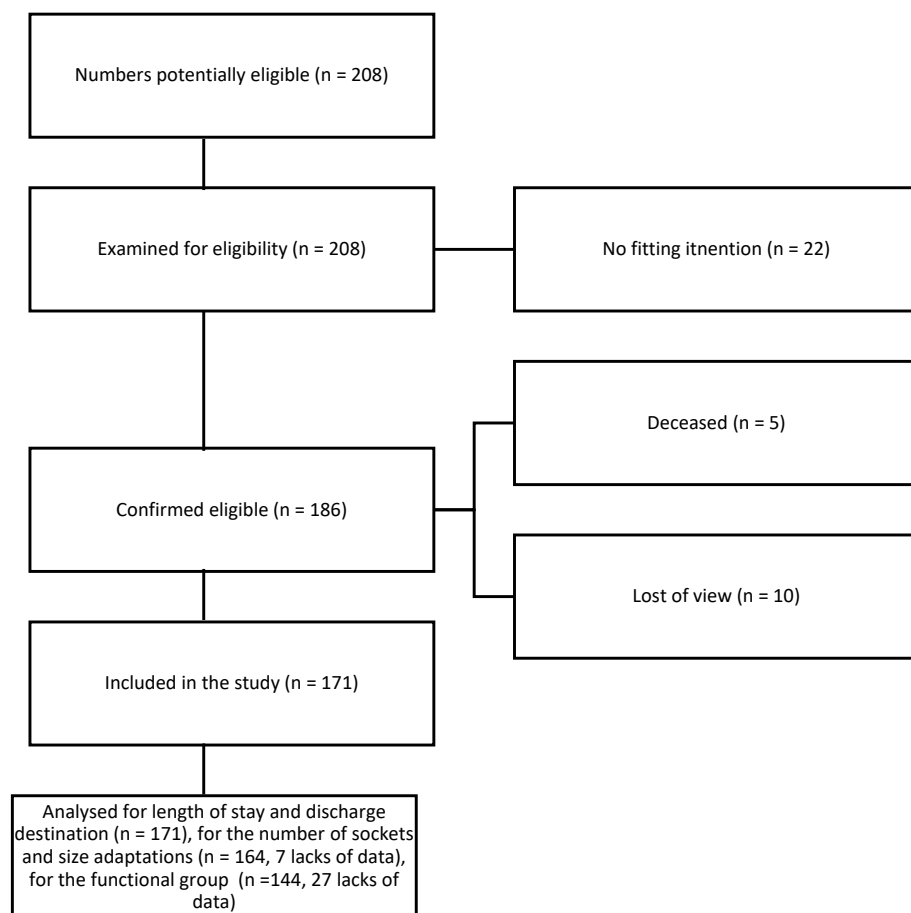


Figure 2. Sample size flow chart.

6.2. Descriptive Data

No differences were observed between groups in terms of age, gender, BMI, prevalence of vascular etiology of amputation, site of amputation, and time between amputation and entry to the rehabilitation center (all $p > 0.05$). The population characteristics are available in Table 1.

Table 1. Population characteristics.

	Rehabilitation with TP (n = 126)	Rehabilitation without TP (n = 45)	p-Value ^a
Gender (men)	93 (73.8)	32 (71.1)	0.73
Age (years)	66.5 (57.7–74)	62 (55.5–70.5)	0.47
BMI (kg/m ²)	23.2 (20.1–27.3)	26.5 (20.9–31.4)	0.18
Vascular etiology (yes)	110 (87.3)	40 (88.4)	0.78
Site of amputation			
Unilateral above-knee amputation (yes)	54 (42.9)	16 (35.6)	0.67
Unilateral below-knee amputation (yes)	68 (54.0)	27 (60.0)	
Bilateral (yes)	4 (3.2)	2 (4.4)	
Time between amputation and entrance into the rehabilitation center (days)	20 (14–28)	16 (12–27)	0.10

TP: training prosthesis; BMI: body mass index. Qualitative variables are expressed in absolute (n) and relative (%) frequencies; quantitative variables are expressed in the median and interquartile range (P25–P75). ^a p-values obtained from the Mann–Whitney U test for continuous variables and the X² test for categorical variables.

6.3. Outcome Data and Main Results

A summary of the impact of a TP on rehabilitation on discharge destination, length of stay, number of sockets required, and number of size adaptations of the first socket and functional level is available in Table 2.

Table 2. Outcomes associated with rehabilitation with TP.

	n	Rehabilitation with TP	Rehabilitation without TP	p-Value ^a
Discharge destination				
Back to home	171	104 (82.5)	41 (91.1)	0.17
To nursing facilities		22 (17.5)	4 (8.9)	
Length of stay in rehabilitation center (<i>days</i>)	169	68.5 (53–88)	99 (80–154)	<0.001
Number of sockets required (<i>nbr</i>)				
1 socket	164	107 (88.4)	37 (86.0)	0.68
2 sockets		14 (11.6)	6 (13.3)	
Interventions for first EP socket (<i>nbr</i>)				
None	164	58 (47.9)	24 (55.8)	0.83
1 size adaptation		32 (26.4)	9 (20.9)	
2 size adaptations		20 (16.5)	7 (16.3)	
≥3 size adaptations		11 (9.1)	3 (7.0)	
Functional group				
Group 0	144	25 (19.8)	4 (13.3)	0.83
Group 2		2 (1.6)	1 (0.33)	
Group 3		52 (41.3)	16 (53.3)	
Group 4		19 (15.1)	5 (16.7)	
Group 5		16 (12.7)	4 (13.3)	

TP: training prosthesis; EP: exercise prosthesis. Qualitative variables are expressed in absolute (n) and relative (%) frequencies; quantitative variables are expressed in the median and interquartile range (P25–P75). ^a p-values obtained from the Mann–Whitney U test for continuous variables and the X² test for categorical variables.

After rehabilitation, 91.1% of the patients re-educated without using a TP returned home versus 82.5% of patients re-educated with TP. The other patients were oriented to nursing home facilities. No significant difference between the groups was observed ($p = 0.17$).

Regarding the length of stay in rehabilitation, a significantly longer average length of stay was observed for re-educated patients without a TP (median of 99 (80–154) days) when compared to those who used a TP during their rehabilitation (median of 68.5 (53–88) days) ($p < 0.001$).

The number of sockets used and the number of size adaptations of the first EP sockets were assessed across only 164 patients (43 patients and 44 stumps in the group of patients without a TP and 121 patients and 125 stumps in the group of patients with a TP). The maximum number of sockets per stump was two in both groups, and the maximum number of procedures of the size adaptation was three in the group of patients without TP and four in the group of patients with TP. The frequency of the number of sockets required for rehabilitated stumps was not significantly different between groups ($p = 0.913$), and the frequency of the number of interventions for the size adaptation of the first EP socket was not significantly different either ($p = 0.597$).

The functional group outcome was assessed in only 114 patients in the group of patients using TP (8 died before the DP could be prescribed and 4 were ultimately not fitted despite the initial intention) and 30 patients in the group of patients who did not use a TP (no data available for 15 patients). In the two groups, patients were most often classified in category 3 and least often classified in category 2. Category 1, which corresponds to patients benefiting from a prosthesis for aesthetic purposes only, is not included in this study because it does not correspond to patients for whom there was initially an intention to have a fitting. No significant difference was observed in regard to the distributions in these different categories ($p = 0.83$).

6.4. Other Analyses

The length of stay was significantly shorter for patients with TP. The influence of gender, age groups, BMI categories, and level of amputation on this outcome was studied via subgroup analyses (Table 3). A significantly lower length of stay in rehabilitation for patients with TP compared with patients without TP is only observed in men ($p < 0.001$) but not in women ($p = 0.19$). A similar observation is made for BMI categories where a significantly lower length of stay in rehabilitation for patients with TP compared with patients without TP is only observed in overweight/obese patients ($p = 0.001$) and not in normal/low BMI patients ($p = 0.89$). Moreover, a significantly lower length of stay in rehabilitation for patients with TP compared with patients without TP is only observed in patients with a tibial amputation ($p < 0.001$) and not in patients with femoral amputation ($p = 0.22$). No influence of age (<65 or ≥ 65 years) on the length of stay of patients with TP could be demonstrated.

Table 3. Median length of stay (days) in the rehabilitation center for the group with TP and group without TP according to subgroups.

	n	Rehabilitation with TP Median (P25–P75)	Rehabilitation without TP Median (P25–P75)	p-Value ^a
Gender				
Men	124	66 (52–85)	101 (80–164)	<0.001
Women	45	77 (64–92.5)	93 (67–138.2)	0.76
Age				
<65 years	83	60 (46.5–85.5)	99 (63–153.2)	0.005
≥ 65 years	86	76 (61.5–92)	94 (84–159)	0.005
BMI				
<25 kg/m ²	91	70 (57–86.2)	67 (48.5–89.5)	0.89
≥ 25 kg/m ²	67	66 (51–94.5)	99 (87–148)	0.001
Level of amputation				
Femoral	69	68 (57–95)	92 (46–101)	0.22
Tibial	94	71 (51.2–84.7)	105 (83.7–156.5)	<0.001

TP: training prosthesis; BMI: body mass index. Quantitative variables are expressed in the median and interquartile range (P25–P75). ^a p-values obtained from the Mann–Whitney U test.

We did not find additional associations between rehabilitation using TP and the other outcomes (discharge destination, number of sockets required, number of size adaptations of each socket, and functional level) in any of the subgroup analyses.

Additional analyses were performed on a sample of 90 participants, with 45 without a TP matched on age and 45 patients with a TP matched on gender (characteristics of the population are available in Supplementary Materials Table S1). The post hoc paired analyses confirmed the findings, with a significantly lower length of stay for patients who used a TP compared to patients who did not ($p < 0.001$). Moreover, using these matched analyses, we also observed a higher number of patients that required two sockets for rehabilitation stumps in the group of patients that did not receive a TP compared to those that received it ($p = 0.049$) (data available in Supplementary Materials Table S2).

7. Discussion

Key Results

The objective of this study was to study the impact of integrating a training prosthesis in the rehabilitation of patients with lower limb amputation. This impact has been assessed through various outcomes (discharge destination, number of sockets and size adaptations of the first socket, length of stay, and functional group). TP exhibits a positive impact on the length of stay, whereas there is no relation with the other investigated outcomes. This is an original article and the first of its kind; therefore, the absence of prior studies prevents comparisons with the literature.

8. Interpretation

One of the outcomes studied was the discharge destination. No difference was highlighted between the two groups for this point. Regarding patients with lower limb amputation, factors influencing the discharge destination have been mentioned in the literature, such as age, amputation level, and comorbidities [21–23]. However, clinical features did not appear to be associated with a particular destination [23].

Concerning the results that relate to the number of sockets or size adaptations of sockets, it is tempting to imagine that the results described in the literature on IPOP can be extrapolated to those of TP. IPOP showed an impact on the scarring, shape, and edema of the stumps with assessments over the short term [14]. Even if this has not been directly studied, one could therefore imagine a decrease in the number of sockets or socket adaptations in patients who have benefited from an IPOP compared to other amputee patients. However, IPOP and TP are not used in the same phase. They come into play, respectively, in the acute post-surgical phase and the pre-prosthetic phase of lower limb amputation. We therefore chose to assess the stability of the stumps by focusing on the sockets of the EP. Thus, the appearance of the stump is evaluated after the amputation than what is generally proposed in the literature. However, the volume of the stump takes several months to stabilize [24], although there are significant variations between individuals, which do not allow clinicians to determine a precise time when the volume is stable [25]. It has been suggested that the use of temporary prostheses results in the fastest reduction in stump volume when compared to elastic bandages or pneumatic prosthetics [26]. We could thus have expected a lower number of socket size adaptations in the group of patients re-educated with TP. Our study was unable to demonstrate such a relationship between the use of a PT and the number of sockets or size adaptation of the prosthesis. This outcome is, however, an imprecise tool for studying the volume of the stump. Other precise methods of stump measurement have been proposed [27]. Unfortunately, we could not use these methods in our study because of the retrospective design and were therefore unable to assess them.

Regarding the length of stay in rehabilitation centers, a very clear difference is observed, with a significantly shorter stay for patients whose rehabilitation included the use of TP (68.5 versus 99 mean days). This could be explained by the faster acquisition of autonomy, by the earlier healing of the stump, or perhaps even by faster reintegration into socio-family life. This question deserves to be studied more specifically by evaluating the stump's healing time, quality of life questionnaires, and an evaluation of the patient's autonomy: for example, by measuring functional independence. One can imagine the impact of such a reduction in the length of stay at the economic level by multiplying the

cost of a day of hospitalization by the difference between the two average lengths of stay. Similarly, this reduction in the length of stay has a direct impact on the reduction in morbidity linked to prolonged hospitalizations, as well as the socio-family sphere. Shortening the length of hospital stay also improves patient flow in the context of increasing demand for hospital services [28].

The impact of the use of TP on the reduction in length of stay seems particularly important in men, patients with a BMI ≥ 25 kg/m², and patients with tibial amputation. Regarding the BMI, we can imagine that a larger volume and a fattier composition of the stump would require more time and more work to attain a sufficiently stable situation. Therefore, the TP plays a more important role in this process in patients with a greater BMI. In addition, a study showed that a lower functional independence measure (FIM) upon admission was associated with a longer length of stay [29]. It could be suggested that factors responsible for poorer mobility, such as a higher BMI, would also be associated with a longer length of stay. Thus, due to the early mobility that the training prosthesis allows, it could be explained that the reduction in the length of stay is especially marked for less mobile patients with a higher BMI. The same study also showed a longer length of stay for patients with femoral rather than tibial amputation. However, in our study, the TP was particularly effective in reducing the length of stay of patients with tibial amputation. We can imagine that, in this case, the early gain in mobility provided by the training prosthesis is not counterbalanced by the time required to learn to walk with the control of a prosthetic knee. Therefore, the effect of PT on the reduction in length of stay would be particularly beneficial to tibial amputees who do not need to learn to use a prosthetic knee. We do not have a specific hypothesis that explains the larger impact of TP on men's length of stay, and we believe that these observations should be verified through other studies before confirming them.

Finally, the functional group reached by the patient when the final prosthesis was prescribed was analyzed and compared between the two groups. It would have been imaginable to observe better functionality in patients rehabilitated with TP. However, no difference was observed between re-educated patients with TP and re-educated patients without TP. This could be explained by the fact that the functionality in this study is understood by the functional group reached by the patient only at the time of prescribing DP, which is after at least six months of using EP. After such a delay, it is understandable that the functionality of the two groups is comparable. A significant difference in the functional capacities of amputee patients could perhaps have been found at an earlier phase of rehabilitation.

8.1. Generalizability

The pre-prosthetic phase of rehabilitation has not been studied extensively in the literature. This study, which covers 171 patients, made it possible to evaluate the techniques of training prostheses. It demonstrated that the use of a training prosthesis seems to be of interest in improving the rehabilitation of patients with lower limb loss by shortening the length of stay. This innovative technique has been poorly studied in the literature so far, and additional studies using preferentially prospective designs are required before confirming these results. The use of the training prosthesis could also be combined with other rehabilitation techniques, such as attention rehabilitation, which has exhibited good efficacy in physical performance and patients with musculoskeletal disorders [30,31].

8.2. Limitations

There are some limitations in this study. First, no validated scale was used to assess rehabilitation outcomes. A recent study confirmed that there is a lack of standardized sets of outcome measurements for patients with amputation throughout the literature [32]. This should be developed in order to conduct studies that are more robust, and subsequently, meta-analysis should be used.

The main limitations of this study are inherent in its retrospective nature. It would be ideal to be able to carry out the same work but in a prospective manner, which would provide the possibility on the one hand to integrate other observation tools—for example, quality of life questionnaires or functional scales—carried out at the different centers simultaneously with rehabilitation and, on the other hand, decrease the number of unknown data. This would also allow patients to be randomized into re-educated groups with or without TP. Unfortunately, few centers have the technical infrastructure and personal resources to carry out the TP. In this study, CHU-CNRF regularly integrates the training prosthesis technique into the rehabilitation of amputee patients, while CHR-Château Rouge does not use it. It would therefore be necessary to conduct the study only in a center that offers this technique, which would reduce the sample or increase the duration of the study, or develop the TP technique at an additional center. Given the results of this study, it would be very interesting to encourage the use of TP in other centers and conduct new research on the pre-prosthetic phase of rehabilitation.

Supplementary Materials: The following supporting information can be downloaded at: <https://www.mdpi.com/article/10.3390/healthcare12050567/s1>, Tables S1 and S2 firmed the findings, with a significantly lower length of stay for patients who used a TP compared to patients who did not ($p < 0.001$). Moreover, using these matched analyses, we also observed a higher number of patients that required two sockets for rehabilitation stumps in the group of patients that did not receive a TP compared to those that received it ($p = 0.049$) (data available in Supplementary Materials Table S2).

Author Contributions: Conceptualization, D.P., J.-F.K., S.B., C.B., C.S. and B.M.d.N.; methodology, D.P. and C.B.; software, D.P., C.S. and C.B.; validation, J.-F.K., C.B. and B.M.d.N.; formal analysis, D.P., C.S. and C.B.; investigation, D.P.; resources, D.P., S.B. and C.S.; data curation, C.S. and C.B.; writing—original draft preparation, D.P. and C.B.; writing—review and editing, D.P., C.B., S.B., C.S., B.M.d.N. and J.-F.K.; visualization, D.P. and C.B.; supervision, B.M.d.N. and J.-F.K.; project administration, D.P. and J.-F.K.; funding acquisition, D.P. and J.-F.K. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research did not receive any specific grants from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors. We used a statistician service, funded by the CNRF Fund.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki and approved on 22 November 2017 by the Ethics Committees of the University Hospital of Liège and the Citadelle Hospital (2018—12-03V1; JL/bl/TDD2019/11—B412201940866).

Informed Consent Statement: Patient consent was waived due to the retrospective design and the delay between data acquisition and study completion.

Data Availability Statement: Data are available upon reasonable request to the corresponding author.

Acknowledgments: We would like to express our gratitude to the CNRF fund.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

Appendix A

Evaluation du (de la) patient(e) pour la première prothèse

- ▣ **groupe 1:** patients sans perspective de récupérer la fonction de marche: prothèse cosmétique. (1)
- ▣ **groupe 2:** patients ayant une fonction de marche très réduite et nécessitant l'aide de tiers lors de transferts ou de déplacements: prothèse de transfert. (2)
- ▣ **groupe 3-4-5:** patients ayant des chances de bonne fonction de marche: prothèse d'évaluation. (3)

Evaluation du (de la) patient(e) pour une prothèse définitive ou pour un renouvellement de prothèse

- ▣ **groupe 1:** patients sans perspective de récupérer la fonction de marche: prothèse cosmétique. (1)
- ▣ **groupe 2:** patients ayant une fonction de marche très réduite et nécessitant l'aide de tiers lors de transferts ou de déplacements. (2)
- ▣ **groupe 3:** patients ayant une fonction de marche réduite, utilisant des appareils d'aide à la marche, se déplaçant sans l'aide de tiers et participant à des activités sociales à l'extérieur. (4)
- ▣ **groupe 4:** patients actifs n'utilisant aucun appareil d'aide à la marche lorsqu'ils marchent à l'aide d'une prothèse. (5)
- ▣ **groupe 5:** patients très actifs dont les possibilités avec la prothèse doivent répondre au test de la marche visé ci-dessous, réalisé sans aucune aide ou autre soutien. (5)

Test de la marche: uniquement pour les patients du groupe 5

- ▣ patient avec une amputation sous l'articulation du genou: pouvoir maintenir, en marchant avec la prothèse, une vitesse de 5 km/h durant au moins 10 min.
- ▣ patient avec une amputation au-dessus du genou ou au milieu de l'articulation du genou pouvoir maintenir, en marchant avec la prothèse, une vitesse de 3 km/h durant au moins 10 min.
- ▣ patient avec une amputation bilatérale des jambes: pouvoir maintenir, en marchant avec les prothèses, une vitesse de 4 km/h durant au moins 5 min.
- ▣ patient avec une amputation bilatérale dont une au moins nécessite une articulation mécanique du genou: pouvoir maintenir, en marchant avec les prothèses, une vitesse de 3 km/h durant au moins 5 min.

Identification du prothésiste:

Nom et prénom:

Adresse:

N° d'identification INAMI:

Date et signature

- (1) prothèse renouvelable après une période de 10 ans
- (2) prothèse renouvelable après une période de 5 ans
- (3) prothèse renouvelable par une prothèse définitive après une période d'utilisation de la prothèse d'évaluation de 3 mois minimum
- (4) prothèse renouvelable après une période de 4 ans
- (5) prothèse renouvelable après une période de 3 ans
- (*) entourer ce qui convient

References

1. Varma, P.; Stineman, M.G.; Dillingham, T.R. Epidemiology of Limb Loss. *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.* **2014**, *25*, 1–8. [[CrossRef](#)]
2. Ephraim, P.L.; Dillingham, T.R.; Sector, M.; Pezzin, L.E.; MacKenzie, E.J. Epidemiology of Limb Loss and Congenital Limb Deficiency: A Review of the Literature. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2003**, *84*, 747–761. [[CrossRef](#)]
3. Fowkes, F.G.R.; Rudan, D.; Rudan, I.; Aboyans, V.; Denenberg, J.O.; McDermott, M.M.; Norman, P.E.; Sampson, U.K.A.; Williams, L.J.; Mensah, G.A.; et al. Comparison of Global Estimates of Prevalence and Risk Factors for Peripheral Artery Disease in 2000 and 2010: A Systematic Review and Analysis. *Lancet* **2013**, *382*, 1329–1340. [[CrossRef](#)]
4. Saeedi, P.; Petersohn, I.; Salpea, P.; Malanda, B.; Karuranga, S.; Unwin, N.; Colagiuri, S.; Guariguata, L.; Motala, A.A.; Ogurtsova, K.; et al. Global and Regional Diabetes Prevalence Estimates for 2019 and Projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th Edition. *Diabetes Res. Clin. Pract.* **2019**, *157*, 107843. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Vos, T.; Flaxman, A.; Naghavi, M.; Lozano, R.; Michaud, C.; Ezzati, M.; Shibuya, K. Years Lived with Disability (YLDs) for 1160 Sequelae of 289 Diseases and Injuries 1990–2010: A Systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* **2012**, *380*, 2163–2196. [[CrossRef](#)]
6. Esquenazi, A. Amputation Rehabilitation and Prosthetic Restoration. From Surgery to Community Reintegration. *Disabil. Rehabil.* **2004**, *26*, 831–836. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Ülger, Ö.; Yıldırım Şahan, T.; Çelik, S.E. A Systematic Literature Review of Physiotherapy and Rehabilitation Approaches to Lower-Limb Amputation. *Physiother. Theory Pract.* **2018**, *34*, 821–834. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
8. Madou, E.; Sureshkumar, A.; Payne, M.W.; Viana, R.; Hunter, S.W. The Effect of Exercise Interventions on Gait Outcomes in Subacute and Chronic Rehabilitation from Lower-Limb Amputation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Prosthet. Orthot. Int.* **2023**. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
9. Smith, D.; McFarland, L.; Sangeorzan, B. Postoperative Dressing and Management Strategies for Transtibial Amputations: A Critical Review. *J. Rehabil. Res. Dev.* **2003**, *40*, 213–224. [[CrossRef](#)]
10. Nawijn, S.E.; van der Linde, H.; Emmelot, C.H.; Hofstad, C.J. Stump Management after Trans-Tibial Amputation: A Systematic Review. *Prosthet. Orthot. Int.* **2005**, *29*, 13–26. [[CrossRef](#)]
11. Churilov, I.; Churilov, L.; Murphy, D. Do Rigid Dressings Reduce the Time from Amputation to Prosthetic Fitting? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann. Vasc. Surg.* **2014**, *28*, 1801–1808. [[CrossRef](#)]
12. Choudhury, S.R.; Reiber, G.E.; Pecoraro, J.A.; Czerniecki, J.M.; Smith, D.G.; Sangeorzan, B.J. Postoperative Management of Transtibial Amputations in VA Hospitals. *J. Rehabil. Res. Dev.* **2001**, *38*, 293–298.

13. Kwah, L.K.; Webb, M.T.; Goh, L.; Harvey, L.A. Rigid Dressings versus Soft Dressings for Transtibial Amputations. *Cochrane Database Syst. Rev.* **2019**, 2019, CD012427. [[CrossRef](#)]
14. Highsmith, M.J.; Kahle, J.T.; Miro, R.M.; Orendurff, M.S.; Lewandowski, A.L.; Orriola, J.J.; Sutton, B.; Ertl, J.P. Prosthetic Interventions for People with Transtibial Amputation: Systematic Review and Meta-Analysis of High-Quality Prospective Literature and Systematic Reviews. *J. Rehabil. Res. Dev.* **2016**, *53*, 157–184. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Mazari, F.A.K.; Mockford, K.; Barnett, C.; Khan, J.A.; Brown, B.; Smith, L.; Polman, R.C.; Hancock, A.; Vanicek, N.K.; Chetter, I.C. Hull Early Walking Aid for Rehabilitation of Transtibial Amputees—Randomized Controlled Trial (HEART). *J. Vasc. Surg.* **2010**, *52*, 1564–1571. [[CrossRef](#)]
16. Ali, M.M.; Loretz, L.; Shea, A.; Poorvu, E.; Robinson, W.P.; Schanzer, A.; Messina, L.M.; Baril, D.T. A Contemporary Comparative Analysis of Immediate Postoperative Prosthesis Placement Following Below-Knee Amputation. In *Annals of Vascular Surgery*; Elsevier Inc.: Amsterdam, The Netherlands, 2013; Volume 27, pp. 1146–1153.
17. Schon, L.C.; Short, K.W.; Soupiou, O.; Noll, K.; Rheinstein, J.; Baltimore, C.P. Benefits of early prosthetic management of transtibial amputees: A Prospective Clinical Study of a Prefabricated Prosthesis. *Foot Ankle Int.* **2002**, *6*, 509–514. [[CrossRef](#)]
18. Rush, M.N.; Hagin, E.; Nguyen, J.; Lujan, V.; Dutton, R.A.; Salas, C. Design for Transtibial Modifiable Socket for Immediate Postoperative Prosthesis. *Univ. N. M. Orthop. Res. J.* **2019**, *8*, 93–97. [[PubMed](#)]
19. Frengopoulos, C.; Fuller, K.; Payne, M.W.C.; Viana, R.; Hunter, S.W. Rehabilitation Outcomes after Major Lower Limb Amputation in the Oldest Old: A Systematic Review. *Prosthet. Orthot. Int.* **2021**, *45*, 446–456. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
20. Mohd Yusof, N.; Che Ahmad, A.; Fadzli Sulong, A.; Jazlan Mohd Adnan, M.; Abdul Rahman, J.; Musa, R. Quality of Life of Diabetes Amputees Following Major and Minor Lower Limb Amputations. *Med. J. Malays.* **2019**, *74*, 25–29.
21. Dillingham, T.R.; Yacub, J.N.; Pezzin, L.E. Determinants of Postacute Care Discharge Destination after Dysvascular Lower Limb Amputation. *PM R* **2011**, *3*, 336–344. [[CrossRef](#)]
22. Venkataraman, K.; Fong, N.P.; Chan, K.M.; Tan, B.Y.; Menon, E.; Ee, C.H.; Lee, K.K.; Koh, G.C.H. Rehabilitation Outcomes After Inpatient Rehabilitation for Lower Extremity Amputations in Patients with Diabetes. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2016**, *97*, 1473–1480. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Dillingham, T.R.; Pezzin, L.E.; MacKenzie, E.J. Discharge Destination after Dysvascular Lower-Limb Amputations. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2003**, *84*, 1662–1668. [[CrossRef](#)]
24. Sanders, J.E.; Fatone, S. Residual Limb Volume Change: Systematic Review of Measurement and Management. *J. Rehabil. Res. Dev.* **2011**, *48*, 949–986. [[CrossRef](#)]
25. Tantua, A.T.; Geertzen, J.H.B.; van den Dungen, J.J.A.M.; Breek, J.K.C.; Dijkstra, P.U. Reduction of Residual Limb Volume in People with Transtibial Amputation. *J. Rehabil. Res. Dev.* **2014**, *51*, 1119–1126. [[CrossRef](#)]
26. Alsancak, S.; Kenan Köse, S.; Altinkaynak, H. Effect of Elastic Bandaging and Prosthesis on the Decrease in Stump Volume. *Acta Orthop. Traumatol. Turc.* **2011**, *45*, 14–22. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Bolt, A.; de Boer-Wilzing, V.; Geertzen, J.; Emmelot, C.; Baars, E.; Dijkstra, P. Variation in Measurements of Transtibial Stump Model Volume: A Comparison of Five Methods. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* **2010**, *89*, 376–384. [[CrossRef](#)]
28. New, P.W.; Stockman, K.; Cameron, P.A.; Olver, J.H.; Stoelwinder, J.U. Computer Simulation of Improvements in Hospital Length of Stay for Rehabilitation Patients. *J. Rehabil. Med.* **2015**, *47*, 403–411. [[CrossRef](#)]
29. Chislett, M.; Ploughman, M.; McCarthy, J. Factors Associated with Prolonged Length of Stay and Failed Lower Limb Prosthetic Fitting During Inpatient Rehabilitation. In *Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation*; Elsevier Inc.: Amsterdam, The Netherlands, 2020; Volume 2.
30. Rossettini, G.; Emadi Andani, M.; Dalla Negra, F.; Testa, M.; Tinazzi, M.; Fiorio, M. The Placebo Effect in the Motor Domain Is Differently Modulated by the External and Internal Focus of Attention. *Sci. Rep.* **2018**, *8*, 12296. [[CrossRef](#)]
31. Piccoli, A.; Rossettini, G.; Cecchetto, S.; Viceconti, A.; Ristori, D.; Turolla, A.; Maselli, F.; Testa, M. Effect of Attentional Focus Instructions on Motor Learning and Performance of Patients with Central Nervous System and Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* **2018**, *3*, 40. [[CrossRef](#)]
32. Ghai, S.; Hitzig, S.L.; Eberlin, L.; Melo, J.; Mayo, A.L.; Blanchette, V.; Habra, N.; Zucker-Levin, A.; Zidarov, D. Reporting of Rehabilitation Outcomes in the Traumatic Lower Limb Amputation Literature: A Systematic Review. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2023**, *in press*.

Disclaimer/Publisher’s Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.